

1. Ueber das Verhalten krystallisirter Körper zwischen den Polen eines Magneten; von H. Knoblauch und J. Tyndall.

Zweite Abhandlung¹⁾.

Es ist bekannt, daß unkrystallinische, nach einer Richtung verlängerte Körper, zwischen den Polen eines Magneten horizontal aufgehängt, so gedreht werden, daß sie der Länge nach von Pol zu Pol zeigen, wenn sie *magnetisch*; dagegen einen Winkel von 90 Grad mit der eben bezeichneten Richtung bilden, wenn sie *diamagnetisch* sind. Krystalle nehmen, nach ihrer Beschaffenheit, zwischen den Magnetpolen die verschiedenartigsten Stellungen an, welche von Hrn. Plücker aus dem Gesichtspunkte erklärt worden sind, daß bei ihnen zu den magnetischen und diamagnetischen Kräften eine neue hinzutrete, welche sich bei den optisch *negativen* Krystallen in Form einer *Abstoßung der optischen Axe*, bei *positiven* als eine *Anziehung* derselben darstellt²⁾, eine Kraft, welche von der magnetischen oder diamagnetischen Beschaffenheit der Substanz völlig *unabhängig* sey³⁾.

Diesem Princip hat sich eine Reihe von Thatsachen entgegengestellt, deren einige wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand⁴⁾ besprochen haben.

Eine kreisrunde Scheibe von eisenoxydulhaltigem *Kalkspath*, in deren Ebene die optische Axe lag, drehte sich, als sie horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt

1) Die erste findet sich in diesen Annalen Bd. 79, S. 233.

2) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 342.

4) Diese Ann. Bd. 79, S. 233. — *Phil. Mag. Vol. 36, p. 178.*

Poggendorff's Annal. Bd. LXXXI.

wurde, so, daß die optische Axe die Verbindungslinie der Pole bildete. Die Kraft, mit der diese Drehung bei dem gedachten Kalkspath geschah, war so groß, daß ein vollständiges Rhomboëder desselben, dessen Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser von Pol zu Pol gerichtet wurde. Ein unkrystallinisches Rhomboëder, welches, wie der besprochene Krystall, magnetisch ist, hätte sich nicht so gestellt, es würde sich mit seiner längeren Dimension den Polen zugewendet haben. Dieser Einfluß der Form wurde überwunden, als sich das Kalkspath-Rhomboëder mit seiner optischen Axe den Polen zukehrte.

Wir sehen hier das directe Gegentheil von dem, was nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten wäre. Der erwähnte, aus kohlenaurer Kalkerde und isomorphem kohlensaurem Eisenoxydul bestehende Kalkspath ist optisch *negativ*. Fände eine Abstossung der optischen Axe bei ihm statt, so müßte dieselbe bei dem Experiment mit der Scheibe sich von den Polen abwenden, sie müßte dieß um so energischer thun bei dem Versuch mit dem Rhomboëder, in dem die Wirkung ihrer Abstossung durch den Einfluß der Form des magnetischen Körpers unterstützt wurde.

Ein Prisma von *schwefelsaurem Zinkoxyd* nimmt, vertical an einem Ende aufgehängt, eine ganz bestimmte Stellung zwischen den Magnetpolen an. Schneidet man eine Platte aus ihm heraus, senkrecht auf die Linie, welche von Pol zu Pol gerichtet war, und läßt polarisirtes Licht durch sie hindurch gehen, so sieht man die Ringsysteme um die beiden optischen Axen vollkommen symmetrisch entwickelt. Es ist dieß ein Beweis, daß der Schnitt senkrecht auf die Linie geführt worden ist, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt. Diese Linie hat bei dem Versuche von Pol zu Pol gestanden.

Ganz dasselbe zeigt ein Prisma von *schwefelsaurer Magnesia*. Auch bei ihr kehrt (wie man sich auf dieselbe Weise überzeugt) die Mittellinie der optischen Axen sich den Magnetpolen zu.

Die äußere Form der Prismen an sich würde die gedachte Stellung nicht bedingt haben.

Ein Würfel von *Dichroit*, dessen Mittellinie, wie bei den vorigen Versuchen, horizontal schwingen konnte, drehte sich, wie bereits früher ¹⁾ erwähnt, ebenfalls so, daß diese Linie in die axiale Lage, d. h. die Richtung von Pol zu Pol gebracht wurde.

Schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaure Magnesia und *Dichroit* sind negative Krystalle mit zwei optischen Axen. Dem Plücker'schen Princip nach, sollte sich jede dieser Axen, in Folge der auf sie ausgeübten Abstofsung, so weit als möglich von den Magnetpolen zu entfernen suchen. Als Resultat dieses Bestrebens müßte also die Halbirungslinie des von ihnen eingeschlossenen spitzen Winkels aequatorial, d. h. senkrecht gegen die Verbindungslinie der Pole gerichtet werden ²⁾. Dieser Erwartung ist durch das Experiment widersprochen worden. Anstatt vor den Polen zurückzuweichen, wendet sich die Mittellinie in den beschriebenen Fällen denselben entschieden so nah als möglich zu.

Bergkrystall ist bekanntlich optisch einaxig und *positiv*. Auf seine Axe wird nach der Plücker'schen Betrachtungsweise (statt der bei negativen Krystallen angenommenen Abstofsung) eine Anziehung von den Magnetpolen ausgeübt. Ein entsprechendes Verhalten des Krystalls hat Hr. Plücker auch an einem Experiment wahrgenommen, wie aus der in diesen Annalen Bd. 78, S. 428 enthaltenen Uebersicht der untersuchten Körper hervorgeht. Bei einem früheren Versuche, welcher sehr zweckmäfsig von demselben Verfasser mit einer Bergkrystall-Kugel angestellt worden war, hatte sich gerade das Entgegengesetzte gezeigt ³⁾. Bei der schwachen Wirkung, welche überhaupt beim Bergkrystall vorhanden ist und geringen Nebenumständen leicht einen überwiegenden Einfluß gestattet, haben auch wir an-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 236.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 331 ff.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 325 ff., 339.

fangs bei einer größeren Anzahl von Exemplaren die widersprechendsten Resultate erhalten. Als aber die Reinigung und Aufhängung der Krystalle mit der äußersten Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt wurde, ergab sich bei 10 ein übereinstimmendes Verhalten, nämlich das Bestreben, sich mit der Axe von den Polen abzuwenden. Dabei war ihre Dimension längs der Axe absichtlich verkürzt worden, so daß die äußere Form der Krystalle, bei der diamagnetischen Eigenschaft ihrer Substanz, jene Wirkung nicht hervorgebracht haben konnte.

Schwerspath wurde zunächst in derjenigen Form angewandt, welche durch die drei Blätterdurchgänge des Krystalls begränzt wird, einer geraden rhombischen Säule, in welcher die rhombische Grundfläche dem vollkommensten Blätterdurchgange, die rechteckigen Seitenflächen den einander gleichwerthigen, weniger vollkommenen Spaltungsrichtungen entsprechen. Die beiden optischen Axen liegen in einer Ebene, welche den spitzen Winkel der rhombischen Basis halbirt, ihre Mittellinie steht auf der letzteren senkrecht.

Wird eine solche Säule an der scharfen Seitenkante, d. h. so aufgehängt, daß die Ebene der optischen Axen vertical schwingen kann, so stellt sich diese, wie nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten, da *Schwerspath* positiv ist, von Pol zu Pol. Hängt man aber die rhombische Säule an der stumpfen Seitenkante auf, so daß die optischen Axen horizontal zu liegen kommen, so richtet sich nicht, wie man weiter schließes sollte, ihre Mittellinie den Polen zu, sondern entfernt sich vielmehr so weit als möglich von denselben.

Um ganz sicher zu seyn, daß diese Drehung nicht durch die Form des diamagnetischen Krystalls bedingt werde, gaben wir ihm die eines Cylinders, welcher vertical zwischen den Polen hing, während die Ebene der optischen Axen, dem Vorigen entsprechend, horizontal lag, eine Form, in welcher ein unkrystallinischer Körper gar keine Drehung erfahren haben würde. Auch dieser Cylinder stellte sich

so, daß die Linie, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, die aequatoriale Lage annahm.

Ganz ebenso wie Schwerspath verhielt sich *Cölestin*, der dem ersteren in krystallographischer Hinsicht gleicht und, wie jener, optisch zweiaxig und positiv ist. Bei ihm trat derselbe Widerspruch gegen das Plücker'sche Princip auf, als man die rhombische Säule an der stumpfen Kante aufhing, um die optischen Axen horizontal schwingen zu lassen. Ihre Mittellinie stellte sich aequatorial.

Mit noch größerer Kraft wurde diese Linie beim *gelben Blutlaugensalze* von den Magnetpolen abgewendet, gleichgültig, ob die Ebene der optischen Axen vertical oder horizontal war. Der Krystall verharrte in der angegebenen Stellung, selbst wenn er rechtwinklich gegen die Mittellinie wohl vier Mal länger als in dieser Richtung, also seine Form, bei dem Diamagnetismus der Substanz, jener Stellung im höchsten Grade ungünstig war. Das gelbe Blutlaugensalz ist optisch zweiaxig und positiv, wie sich aus unserer Untersuchung mittelst polarisirten Lichtes nach dem von Dove angegebenen Verfahren ¹⁾ erwiesen hat.

Nach allen diesen Resultaten erscheint es unmöglich, den Plücker'schen Satz, wonach die optische Axe bei negativen Krystallen von dem Magneten abgestoßen, bei positiven angezogen werden soll, bei jenen oder diesen aufrecht zu erhalten, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.

Es erhellt daraus von selbst, wie gewagt es ist, aus der Stellung der Krystalle zwischen den Magnetpolen die Lage ihrer optischen Axen und in Verbindung mit dem mehr gedachten Satze ihr optisch negatives oder positives Verhalten vorherzusagen, ein Verfahren, welches von Hrn. Plücker empfohlen ²⁾ und selbst auf undurchsichtige Körper, wie Antimon, Arsenik, Wismuth, Wolfram, Kupferglanz, u. s. w. ausgedehnt worden ist ³⁾.

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 482.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 328.

3) Diese Ann. Bd. 78, S. 428. 429.

Es stehen mit dem Besprochenen einige Facta im engsten Zusammenhange, welche wir noch erwähnen müssen, weil sie Berichtigungen früherer Beobachtungen enthalten.

Topas und *Diopsid* werden von Hrn. Plücker für besonders geeignet zum Nachweis seines Gesetzes in Bezug auf die negativen und positiven Krystalle gehalten ¹⁾. Der erstere ist, nach seiner Angabe an der betreffenden Stelle, *negativ*, der letztere *positiv*. Die beiden optischen Axen des *Topas* würden sich demnach von den Magnet-Polen zu entfernen suchen, wie auch durch eine frühere Beobachtung des genannten Verfassers bestätigt wird ²⁾. Freilich sollen die Stellungen des Krystalls dadurch complicirt werden, daß „die Linie, welche die spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, weder winkelrecht, noch parallel zur Axe des Prismas sey“ ³⁾.

Unter allen *Topasen*, welche wir zu untersuchen Gelegenheit hatten, hat sich, wie unter den von Brewster ⁴⁾ und Dove ⁵⁾ geprüften, nicht ein einziger optisch negativ gefunden. Ebenso wenig haben wir uns davon überzeugen können, daß die Mittellinie der optischen Axen gegen die Axe des Krystalls geneigt sey und wir stimmen auch hierin vollkommen mit Brewster ⁶⁾ überein. Die optischen Axen bilden im *Topas* gleiche Winkel mit dem Hauptblätterdurchgange, welcher der horizontalen Endfläche entspricht. Ihre Mittellinie ist folglich senkrecht gegen diese Fläche, d. h. der Axe des Prismas parallel gerichtet.

Zwischen den Magnet-Polen wiederholten sich anfangs die von Hrn. Plücker beschriebenen Erscheinungen. Eine einfache Drehung des Krystalls um seine horizontal hängende Axe reichte bisweilen hin, seine ganze Stellung gegen die Pole zu ändern. Aber bei verschiedenen Exem-

1) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 329. 330.

3) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

4) Brewster, *Double Refraction and Polarisation of Light*. p. 26.

5) Diese Ann. Bd. 40, S. 483, 484.

6) Brewster, *A treatise on Optics* p. 204.

plaren war keine Uebereinstimmung wahrzunehmen. Es bedurfte eines anhaltenden Kochens mit Chlorwasserstoffsäure und der sorgfältigsten anderweitigen Reinigung, um ein gleiches Verhalten aller (5 sächsischer und 2 brasilianischer) zu bewirken. Diefs bestand endlich darin, daß sich *das Prisma mit seiner Axe jedesmal von Pol zu Pol* stellte, wie der Krystall auch um dieselbe gedreht werden mochte, und selbst in Fällen, in welchen diese Dimension die auf ihr senkrechte um das $1\frac{1}{2}$ fache übertraf, also die äußere Gestalt des diamagnetischen Körpers jener Stellung entgegengewirkte.

Bei Versuchen so feiner Art, wie die mit Topas, Schwerspath und Cölestin sind, kann nicht vorsichtig genug verfahren werden. Der Faden, an dem wir diese Krystalle aufbingen, hatte bei 1 Fuß Länge, nur $\frac{1}{7500}$ Zoll Dicke, d. h. einen Durchmesser gleich dem achten Theil einer Haaresbreite. Das Wachs, dessen man sich in der Regel zur Befestigung der Körper an dem Faden bedient, darf nie von den Polen oder irgend welchen Körpern, die mit Eisen zusammengekommen, berührt werden, und muß erneuert werden, wenn diels durch Zufall geschehen ist. Seine Menge darf nur eben ausreichen, den Krystall zu tragen; dabei muß das Stück rund geformt seyn, um an sich nicht das geringste Drehungsvermögen zu besitzen.

Diopsid fanden wir, wie Dove ¹⁾, der obigen Angabe entgegen, negativ. Bei den obigen Versuchen, welche mit einem Würfel des genannten Krystalls angestellt wurden, *entfernten sich seine optischen Axen von den Polen*. Auffallend ist es, daß in einer neuern Abhandlung Hrn. Plücker's ²⁾, Topas auch von ihm unter den positiven, Diopsid unter den negativen Krystallen aufgeführt wird.

Schwefelsaures Nickeloxyd und *Borax* werden von Brewster ³⁾ als optisch positiv bezeichnet. Die uns zu Gebote stehenden Exemplare erwiesen sich bei einer Untersuchung

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 484.

2) Diese Ann. Bd. 78, S. 429.

3) *Double Refraction and Polarisation of Light* p. 26.

mittelst circular polarisirten Lichtes nach der von Dove aufgestellten Methode ¹⁾ als *negativ*. Bei beiden richtete sich die Mittellinie der optischen Axen entschieden *aequatorial*.

Sonach würden Topas, Diopsid schwefelsaures Nickel-oxyd und Borax den besprochenen Satz zu bestätigen scheinen, ebenso wie die in der That zahlreichen Beispiele, welche Hrn. Plücker bewogen, für ein allgemeines Gesetz zu halten, was nur die Regel in dem Auftreten der von ihm untersuchten Krystalle war: ein Schluss, der (wie wir bereits gesehen) in der ihm gegebenen Ausdehnung durch die Erfahrung nicht gerechtfertigt worden ist.

Es schien von Interesse, das Verhalten *diamagnetischer* und *magnetischer Körper* bei ähnlichen Naturverhältnissen mit einander zu vergleichen.

1. Im *Topas* wie im *Beryll* ist bekanntlich die Hauptspaltungsrichtung der horizontalen Endfläche parallel. Hängt man Würfel dieser Krystalle zwischen den Magnetpolen so auf, daß der Hauptblätterdurchgang sich vertical befindet, so richtet er sich beim *Topas*, welcher *diamagnetisch* ist, parallel der sogenannten *aequatorialen* Ebene, d. h. senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole; beim *magnetischen Beryll* aber nimmt er die *axiale* Stellung, d. h. eine Richtung von Pol zu Pol an.

2. *Schwefelsaures Zinkoxyd* und *schwefelsaure Magnesia* haben gleiche Krystallform mit dem *schwefelsauren Nickeloxyd*. Werden sie zwischen den Polen mit ihrer einzigen Spaltungsrichtung, welche der Axe des Prismas parallel ist, vertical aufgehängt, so stellt sich diese Spaltungsrichtung bei den erst genannten *diamagnetischen* Krystallen *aequatorial*, bei dem letzteren *magnetischen*, *axial*.

3. *Salpeter* und *Skapolith* gleichen einander darin, daß ihre beiden Spaltungsrichtungen der Axe ihrer Prismen parallel sind. Diese Axe wird, wenn man sie horizontal zwischen den Polen schwingen läßt, bei dem *diamagnetischen Salpeter* in die *aequatoriale*, beim *magnetischen Ska-*

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 457, 482.

polith in die *axiale* Lage gedreht. Es versteht sich von selbst, daß auch in diesen, wie in allen bisher betrachteten Fällen, dafür gesorgt war, daß die gedachte Stellung nicht durch die äußere Form der angewandten Krystalle bedingt wurde.

4. *Irländischer Doppelspath* und *Eisenglanz* sind rhomboëdrisch. Hängt man sie dergestalt auf, daß ihre krystallographische Axe horizontal ist, so wird bei dem *diamagnetischen* (aus reiner kohlensaurer Kalkerde bestehenden) Kalkspath diese Axe *aequatorial*, beim *magnetischen* Eisenglanz *axial* gerichtet.

Wir halten uns, auf Grund dieser Thatsachen ¹⁾ (denen wir weiter unten noch andere hinzufügen werden) zu dem Schlusse berechtigt, daß *dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungslinie der Magnetpole einstellt, bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Structur den Polen sich zuwendet.*

Demgemäß sind wir davon überzeugt, daß überhaupt die eigenthümliche, von der äußeren Form nicht bedingte Stellung eines Krystalls zwischen den Magnetpolen nicht, wie Hr. Plücker ²⁾ meint, einer „von der magnetischen und diamagnetischen Beschaffenheit der Materie unabhängigen Wirkung“ zuzuschreiben sey, sondern daß sie vielmehr ganz wesentlich durch jene bestimmt werde.

Es liegt eine Bestätigung hiervon auch in dem Verhalten solcher Krystalle, deren Substanz aus *diamagnetischen und magnetischen Bestandtheilen* gemischt ist.

Während nämlich (nach dem Obigen) ein Rhomboëder aus *reiner kohlensaurer Kalkerde*, welche diamagnetisch ist, zwischen den Polen seine horizontal schwingende Axe in die *aequatoriale* Lage dreht, kehrt ein Kalkspath, in wel-

1) Von denen vorzugsweise die unter 2) und 4) mitgetheilten Fälle in Betracht kommen, da bei ihnen nicht allein ähnliche Blätterdurchgänge (wie in den unter 1) und 3) aufgeführten Beispielen) sondern in der That gleiche Krystallformen vorhanden sind.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315. 342.

chem neben dem kohlensauren Kalk eine gewisse Menge isomorphen magnetischen *kohlensauren Eisenoxyduls* enthalten ist, seine Axe den Polen zu. Aber die Kraft, mit der dieß geschieht, ist unbedeutend, wenn die Menge des Eisenoxyduls im Vergleich mit der der Kalkerde eine verhältnißmäßig geringe ist, weil für das Endresultat in diesem Falle nur die Differenz zweier Kräfte entscheidet, der Wirkungen, welche die Pole auf ein diamagnetisches und ein dasselbe gleichsam durchdringendes magnetisches Rhomboëder ausüben. *Dolomit* enthält neben kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia in der Regel Eisenoxydul und Manganoxydul genug, um seine Axe von Pol zu Pol zu richten. Noch verschiedener ist dieß beim *Breunnerit* der Fall, in dem die diamagnetische kohlensaure Kalkerde fehlt. Die Kraft der Einstellung in dem bezeichneten Sinne wächst im Vergleich mit dem Vorigen, bei Anwendung von *Spath-eisenstein*, in dem die diamagnetischen Bestandtheile gegen das kohlensaure Eisenoxydul fast ganz verschwinden. Bei reinem Eisenoxyd endlich ist die Kraft, mit welcher die Axe des Rhomboëders von Pol zu Pol gerichtet wird, so groß, daß der Rest von Magnetismus, welcher bei geöffneter Kette im Elektromagneten zurückbleibt, ausreicht, einen *Eisenglanz*-Krystall gewaltsam in jene Lage zu drehen, auch wenn die Ausdehnung dieses magnetischen Körpers längs der Axe nur $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{25}$ seiner Dimension in der darauf senkrechten Richtung beträgt.

So wird diejenige Linie, welche in einem *diamagnetischen* Krystall zwischen den Polen die *aequatoriale* Lage annimmt, mit desto *größerer Kraft* in die *axiale* Stellung gedreht, je mehr die diamagnetischen Bestandtheile des Krystalls durch *isomorphe magnetische* ersetzt werden.

Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit der Verschiedenheiten, welche bei Hrn. Faraday's und Hrn. Plücker's Beobachtungen am *Antimon* aufgetreten sind. Das von Hrn. Faraday ¹⁾ untersuchte stellte sich, wenn sein Hauptblätterdurchgang vertical war, mit diesem aequatorial, das

1) *Lond. Philos. Transact. f. 1849 Part I. p. 13—17.*

von Hrn. Plücker ¹⁾ angewandte dagegen axial. Unter den uns zu Gebote stehenden Exemplaren zeigten einige das erstere, andere das letztere Verhalten. Vor einem einzigen Pole aufgehängt wurden alle, wie diamagnetische Körper, ihrer ganzen Masse nach abgestossen. Die Krystalle wurden der chemischen Analyse unterworfen. Diejenigen, welche Hrn. Faraday's Beobachtung bestätigten, waren vollkommen rein, die mit Hrn. Plücker's Beobachtung übereinstimmenden enthielten eine geringe Menge von Eisen. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß von dieser Menge, wenngleich sie eine Anziehung des ganzen Stücks vor einem Pole nicht bewirken konnte, die Drehung in die axiale Lage zwischen den Magnetpolen herrührte.

In Bezug auf die *Erklärung* des Verhaltens, welches die Krystalle in ihrer Stellung zwischen den Magnetpolen charakteristisch von unkrystallinischen Substanzen unterscheidet, haben wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand ²⁾ darauf hingewiesen, daß es ausreichend sey, eine *Ungleichheit der diamagnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen* in einem diamagnetischen, eine *Ungleichheit des Magnetismus* in einem magnetischen Krystall anzunehmen. Es fragte sich weiter, auf welchen Umstand eine solche Verschiedenheit der Wirkung in einem und demselben Körper zurückzuführen sey. Bei den vielfachen Beziehungen, welche wir zwischen der Stellung der Krystalle und ihrer Structur wahrgenommen hatten, lag die Vermuthung nahe, daß die bezeichnete Ungleichheit der diamagnetischen oder magnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen nur den eigenthümlichen *Aggregationsverhältnissen der materiellen Theile* in den Krystallen zuzuschreiben sey.

Wir wurden in dieser Ansicht bestärkt durch die Beobachtung, daß Krystalle in Form von *Pseudomorphosen*, in denen sich die äußere Structur bei geänderten Bestandtheilen erhalten hatte, noch ganz dasselbe Verhalten zwi-

1) Diese Ann. Bd. 76, S. 577. 578.

2) Diese Ann. Bd. 79, S. 238 ff.

schen den Magnetpolen zeigten, wie derjenige, welchem die ursprüngliche Form angehörte. So stellte sich z. B. ein künstlicher *Eisenkies*, welcher sich durch Reduction von kohlensaurem Eisenoxydul mittelst Schwefelwasserstoff gebildet hatte, und ein künstlicher *Magneteisenstein*, der durch Rösten aus demselben Körper entstanden war, noch ganz ebenso wie ein Rhomboëder von *Spatheisenstein*, aus welchem diese umgewandelten Krystalle dargestellt waren. Die Axe des Rhomboëders kehrte sich den Polen zu und zwar (in vollkommener Uebereinstimmung mit allem Früheren) mit um so größerer Kraft als die magnetische Beschaffenheit der Bestandtheile, mit ihrer Umwandlung zugenommen hatte.

In dem Umstande, daß krystallisirte Metalle (nach Hrn. Faraday's Beobachtung ¹⁾) beim Schmelzen ihre richtende Kraft verlieren, liegt ferner ein Beweis, wie eng ihre Stellung zwischen den Polen an die krystallinische Structur gebunden ist.

Ueber die *Art und Weise der magnetischen Wirkung* in allen diesen Fällen gewannen wir eine Vorstellung durch eine Reihe von Versuchen, von denen wir hier nur folgende hervorheben wollen.

Wird aus dem feinen Pulver eines rein diamagnetischen ²⁾ Körpers, z. B. *Mehl*, dessen Theilchen leicht an einander haften, wenn ihm eine Spur von Gummi-Wasser beigemischt ist, ein kleiner vierkantiger Stab gebildet, so stellt sich dieser, horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt, natürlich aequatorial. Drückt man ihn, in der Richtung seiner größeren Ausdehnung so weit zusammen, daß das Parallelepipedon in einen Würfel übergeht, so stellt sich dieser zwischen den Polen so ein, daß die Rich-

1) *Philos. Transact. f. 1849 Part. I. p. 27.*

2) Ob ein Körper *diamagnetisch* oder *magnetisch* ist, läßt sich am besten ermitteln, wenn man ihn an einem feinen Faden vor einem oder besser vor zwei zugespitzten Polen, die sich fast berühren, aufhängt. Wird er von diesen, bei Erregung des Elektromagneten durch Schließen des galvanischen Stromes, seiner ganzen Masse nach *abgestoßen*, so ist er *diamagnetisch*, wird er *angezogen*, *magnetisch*.

tung, in welcher die Zusammendrückung stattgefunden hat, die aequatoriale Lage annimmt. Diefes ist selbst dann noch der Fall, wenn die Zusammendrückung in demselben Sinne, wie zuvor, so weit fortgesetzt worden, dafs aus dem Würfel eine dünne Platte entstanden ist. Es tritt hier die Erscheinung auf, dafs eine rein *diamagnetische*, unkrystallinische Scheibe, deren jedes Theilchen vom Magneten abgestofsen wird, sich zwischen den Polen so dreht, als ob sie von denselben angezogen würde. Aber diese Erscheinung erklärt sich von selbst. Die diamagnetische Wirkung ist in derjenigen Richtung, in welcher die materiellen Theile des Körpers durch das Pressen einander näher gerückt worden sind, gröfser geworden. Ihr zufolge sucht sich die Reihe der in der Richtung liegenden Theilchen vorzugsweise von den Polen zu entfernen. Demgemäfs stellt die Ebene der Scheibe sich von Pol zu Pol. Ein nicht comprimierter homogener Würfel aus derselben Substanz zeigte keine richtende Kraft.

Wurde dem Mehl fein gepulvertes *kohlensaures Eisenoxydul* (welches bekanntlich magnetisch ist) beigemischt, so stellte sich ein aus dem Gemenge gebildeter Stab axial. Drückte man ihn aber auf die angegebene Weise zusammen, so nahm die entstehende Platte eine aequatoriale Lage an. Derselbe Versuch liefs sich mit reinem kohlensaurem Eisenoxydul anstellen. Wir sehen hier den Fall eintreten, dafs eine *magnetische* Scheibe ohne krystallinische Structur, deren Masse durchweg vom Magneten angezogen wird, zwischen den Polen eine Drehung erleidet, welche einer Abstofsung gleicht. Diese Erscheinung beruht einfach darauf, dafs die magnetische Wirkung in derjenigen Richtung, in welcher die Theile einander genähert wurden, verstärkt worden ist, und dafs die überwiegende Anziehung in diesem Sinne die bezeichnete Stellung der Scheibe bewirkt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen glauben wir schliessen zu dürfen, dafs überhaupt in *diamagnetischen wie in magnetischen Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten*

hin gleich weit von einander abstehen, die (diamagnetische oder magnetische) Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer in der Richtung am stärksten ist, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, verfertigten wir aus einem Pulver von chemisch reiner kohlensaurer Kalkerde, dem als Bindemittel etwas Gummiwasser hinzugefügt und das (während des Trocknens) in einem Schraubstock nach einer Richtung stark zusammengepresst worden war, ein Rhomboëder von der Form des Kalkspaths mit der Rücksicht, daß die Axe dieses Rhomboëders mit derjenigen Richtung zusammenfiel, in welcher die Theile des kohlensauren Kalks beim Zusammendrücken einander genähert worden waren.

Wurde ein solcher Körper zwischen den Magnetpolen dergestalt aufgehängt, daß die bezeichnete Axe horizontal war, so richtete er sich mit dieser, wie der diamagnetische Kalkspath selbst, aequatorial. Ueberhaupt war, bei der gedachten Aufhängung, sein Verhalten zwischen parallelepipedischen oder conischen, nahen wie fernen Polen durch Nichts von dem eines Kalkspaths - Krystalls unterschieden.

Ganz auf dieselbe Weise wie mit der kohlensauren Kalkerde verfahren wir mit *Eisenoxyd*. Aus einem, mit etwas Gummiwasser versetzten Pulver desselben, das während des Trocknens einem vorherrschenden Druck nach einer Richtung ausgesetzt gewesen war, wurde ein Rhomboëder in Gestalt des Eisenglanzes gebildet, wobei wieder die Richtung, in welcher die Theilchen beim Druck einander am nächsten gebracht waren, zur Axe genommen wurde. Ein solches Rhomboëder kehrte sich unter dem Einfluß des Magneten, wenn seine Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser, wie ein magnetischer Krystall von Eisenglanz, den Polen zu. Ueberhaupt waren alle seine Stellungen, bei der bezeichneten Aufhängung, mit denen eines Eisenglanzhomboëders identisch, in welcher Form oder Entfernung die Pole auch wirken mochten.

Auch complicirtere Erscheinungen als diese, z. B. die, welche *Schwerspath* darbietet, liefsen sich auf ähnliche Weise durch Modelle nachahmen.

Es ist bereits oben bemerkt worden, dafs sich eine rhombische Säule dieses Krystalls, in horizontaler Lage an der *scharfen* Seitenkante aufgehängt, *axial*, dagegen bei der Aufhängung von der *stumpfen* Seitenkante *äquatorial* richtet. Ist die Säule vertical, so stellt sich die durch die stumpfen Kanten gelegte Ebene *äquatorial*.

Denken wir uns durch den Krystall drei auf einander rechtwinklige Linien gelegt, die eine in der Richtung der krystallographischen Axe der Grundform, d. h. parallel den vier Seitenkanten der rhombischen Säule, die zweite im Sinne der langen, die dritte in der Richtung der kurzen Diagonale der rhombischen Basis, so hat sich aus den beschriebenen Stellungen des *Schwerspaths* schon ergeben, dafs die diamagnetische Wirkung in ihm nach diesen drei Richtungen eine ungleiche sey. Das Verhältnifs dieser Wirkungen näher kennen zu lernen, hat man zu bedenken, dafs, wenn eine jener Linien als verticale Drehungsaxe angenommen wird, nur die Wirkung in den beiden andern, welche alsdann horizontal liegen, eine richtende Kraft auf den Krystall ausüben kann. Die Richtung nun, in welcher die Wirkung überwiegt, wird sich, da wir es mit einem diamagnetischen Körper zu thun haben, *äquatorial* stellen.

Hiernach ergibt das Verhalten des *Schwerspaths* zwischen den Magnetpolen in den drei bezeichneten Fällen, in denen zuerst die lange, sodann die kurze Diagonale, endlich die krystallographische Axe vertical war:

1. Die diamagnetische Wirkung ist parallel der kurzen Diagonale gröfser als längs der Axe. Denn der Krystall stellt sich, wenn nur diese beiden Richtungen für seine Drehung in Betracht kommen, mit der kurzen Diagonale *äquatorial*.

2. Der Diamagnetismus längs der Axe ist stärker als der im Sinne der langen Diagonale. Denn der Krystall

dreht sich, wenn die Wirkung in diesen Richtungen sich geltend macht, mit der Axe aequatorial.

3. Die diamagnetische Wirkung nach der kurzen Diagonale übertrifft die in der langen. Denn unter dem Einfluß dieser beiden wird der Krystall mit der kurzen Diagonale aequatorial gerichtet. Es liegt hierin zugleich eine directe Bestätigung des Schlusses, welcher schon aus den ersten beiden Sätzen gezogen werden konnte ¹⁾.

Wir preßten einen Teig von *Wismuthpulver* zwischen Glasplatten in zwei auf einander senkrechten Richtungen mit ungleicher Kraft, und bildeten aus dieser diamagnetischen Masse eine rhombische Säule so, daß ihre kurze Diagonale dem Sinne der größeren, ihre Axe dem der geringeren Zusammendrückung entsprach, während die lange Diagonale mit derjenigen Richtung zusammenfiel, nach der kein Druck ausgeübt worden war. Zwischen den Magnetpolen waren die Stellungen dieser Säule denen eines *Schwerspath-Krystalls* vollkommen gleich, sie mochte horizontal an der scharfen oder stumpfen Seitenkante oder vertical aufgehängt worden seyn.

Sonach ist es an diesem wie an den vorigen Beispielen durch das Experiment erwiesen, daß eine nach verschiedenen Richtungen *ungleiche Anordnung der materiellen Theile* in den Körpern, zwischen den Magnetpolen, diejenigen Erscheinungen herbeiführen können, welche wir an Krystallen eintreten sehen. Es ist aber eine solche ungleiche Aggregation, auf Grund vieler anderer Thatsachen in der Physik, in den Krystallen bereits angenommen. Mithin wird es gerechtfertigt erscheinen, auch hier an ihr fest-

- 1) Um diese Bestimmungen vor jedem Nebeneinfluß der äußeren Form des Krystalls zu sichern, beobachteten wir (außer den Stellungen, welche der *Schwerspath* in Säulenform annahm) auch die Drehung, welche drei Cylinder aus demselben Krystall erfuhren, die, der Reihe nach, vertical zwischen den Polen aufgehängt wurden und bei deren einem die Richtung der langen, beim zweiten die der kurzen Diagonale, beim dritten die krystallographische Axe zur Axe genommen waren. Ihre Stellung zwischen den Magnetpolen bestätigte die obigen Angaben.

festzuhalten und auf sie jene neue Klasse von Erscheinungen zurückzuführen, deren keine, nach dem jetzigen Standpunkt der Erfahrung, dieser Erklärung entgegensteht.

Es würde hiermit zugleich ein *neuer Anhaltspunkt für die Ermittlung der Aggregationsverhältnisse* selbst gewonnen seyn, wie aus den mitgetheilten Beispielen am Kalkspath, Eisenglanz und Schwerspath und den ihnen entsprechenden künstlich nachgebildeten Körpern hinreichend ersichtlich seyn wird.

Nach dem Vorstehenden muß die Annahme einer „neuen optomagnetischen Kraft“¹⁾, wie sie von Hrn. Plücker bisher zur Erklärung des Verhaltens krystallisirter Körper zwischen den Magnetpolen vorausgesetzt wurde, als unnöthig erscheinen. Es fallen damit auch ihre näheren Bestimmungen, z. B. die Angabe, daß „sie mit der Entfernung langsamer abnehme als die von den Polen aus auf den Krystall wirkenden magnetischen oder diamagnetischen Kräfte“²⁾.

Diese Eigenschaft war ihr namentlich deshalb zugeschrieben worden, um die eigenthümlichen Stellungen gewisser Krystalle, z. B. eines magnetischen Turmalins, in verschiedenem Abstände von den Polen erklären zu können. Ein horizontal hängendes Prisma desselben wird nämlich zwischen nahen Polspitzen axial, zwischen fernen aequatorial gerichtet. Es sollte dieß davon herrühren, daß im ersten Falle die magnetische Anziehung, im letzteren die (von der bezeichneten Kraft ausgeübte) „abstoßende Wirkung der Magnetpole auf die Axenrichtung“³⁾ überwiege.

Ein Stab aus einem magnetischen Pulver, dessen Theile senkrecht auf seine Längendimension näher an einander gerückt sind als in dieser, verhält sich aber unter übrigen gleichen Umständen genau wie der Turmalin.

Eine Untersuchung des magnetischen Feldes zwischen den Polen (mittels Eisenfeilspähnen) überzeugte uns, daß

1) Diese Ann. Bd. 72, S. 319. Bd. 77, S. 448.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 321, 322, 342.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 318 ff. Bd. 76, S. 576.

eine sehr starke Wirkung in unmittelbarer Nähe der conischen Spitzen vorhanden ist, daß dieselbe aber außerordentlich schnell mit der Entfernung abnimmt. Kommt nun ein Theil, z. B. ein Ende des aufgehängten magnetischen Körpers, in den Bereich jener Wirkung, so wird er mit großer Kraft angezogen. Demgemäß stellt sich der ganze Stab, bei *nahen* Polen, *axial*. Entfernt man die letzteren aber, so daß ihr überwiegender, localer Einfluß auf die Endpunkte des Körpers im Vergleich mit dem auf seine übrige Masse verschwindet, so macht die ungleiche Aggregation in dieser sich geltend und es treten die Wirkungen ein, welche wir bereits kennen gelernt haben: der magnetische Körper stellt sich mit der Richtung, in welcher seine Theile am nächsten bei einander sind, von Pol zu Pol, er richtet sich demnach in dem vorliegenden Beispiel mit seiner Längendimension *aequatorial*.

Das Letztere erfolgte auch bei *nahen parallelepipedischen* Polen, wenn das Turmalinprisma oder der erwähnte Stab mitten zwischen ihnen aufgehängt wurde, ein neuer Beweis, daß es bei diesen Erscheinungen nicht auf die bloße Entfernung der Pole von den betreffenden Körpern ankam. Ueberdies ergab eine directe Untersuchung des magnetischen Feldes in obiger Weise, daß in diesem Falle (wie bei fernen Polen) eine fast gleichmäßige (nur verstärkte) Wirkung auf den ganzen eingeschalteten Körper ausgeübt wurde, ein Umstand, der uns auch bestimmte, bei den oben beschriebenen Versuchen mit Krystallen stets parallelepipedische Pole anzuwenden.

Die *Hauptresultate* unserer Untersuchung lassen sich nach dem Mitgetheilten in folgende Sätze zusammenfassen.

1. Der Plücker'sche Satz, wonach die Stellung der optisch negativen Krystalle zwischen den Magnetpolen auf eine Abstossung, der positiven Krystalle auf eine Anziehung der optischen Axe zurückgeführt wird, kann weder bei jenen, noch bei diesen aufrecht erhalten werden, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.

2. Dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein

diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungslinie der Magnetpole einstellt, wendet sich bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Struktur den Polen zu.

3. In Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten hin gleich weit von einander abstehen, ist die diamagnetische oder magnetische Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer nach der Richtung am stärksten, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

4. Alle bisjetzt bekannten Erscheinungen, welche die Krystalle in ihrem Verhalten zwischen den Magnetpolen von den unkrystallinischen Körpern unterscheiden, lassen sich auf bisherige Annahmen über die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Aggregation ihrer materiellen Theile zurückführen ¹⁾.

II. Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.

(Schluss von S. 428.)

C. Einfluss der Quantität der Säure und des Lösungsmittels.

Versuche, bei denen ich die Menge der auf den Zucker einwirkenden Säure veränderte, ließen mich bald erkennen

- 1) Im Begriff, den vorstehenden Bericht abzusenden, erhalten wir die Abhandlung der HH. Plücker und Beer: Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen. (Diese Ann. Bd. 81, S. 115). Wir behalten uns vor, die von den unserigen abweichenden Ansichten der Verfasser bei einer späteren Gelegenheit zu besprechen.

dafs die Gröfse $\frac{lZ_0 - lZ}{T} = MS$ nicht S proportional, sondern schneller als dieses zunimmt. Andererseits nahm ich auch wahr, wie dies vorauszusehen ist, dafs der Werth jener Differenz wächst mit abnehmender Verdünnung der Flüssigkeit, also mit abnehmender Menge des Lösungsmittels, des Wassers. Setzte ich aber M , den Umwandlungs- Coëfficienten $= \frac{M}{w}$, mit w das Gewicht des Wassers in Grammen bezeichnend, so ergab sich zwar eine annähernde, doch nicht vollkommene Uebereinstimmung mit den Versuchen, und zwar waren die Abweichungen ihrem Sinne nach so entschieden, dafs ich sie trotz ihres geringen Betrages Ungenauigkeiten der Beobachtung nicht wohl zuschreiben konnte. Zahlreiche Wiederholungen meiner Versuche liefsen mich indefs erkennen, dafs der vollkommene

Ausdruck für M seyn müsse: $M = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w}$, durch a eine für die verschiedenen Säuren verschiedene Constante bezeichnend. Die Richtigkeit dieser Annahme mag aus den nachfolgend mitgetheilten Resultaten erhellen, welche zugleich zur Bestimmung der Werthe von a benutzt worden sind. Es wurden nämlich die aus den Beobachtungen jeder einzelnen Reihe erhaltenen Werthe für $M = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w}$ mit einander combinirt, wobei, da die Mischungen jeder einzelnen Reihe während der ganzen Dauer des betreffenden Versuchs denselben Temperatureinflüssen unterworfen gewesen waren, m — eine noch näher zu bestimmende Function der Temperatur — für jede combinirte Gruppe constant angenommen werden mußte.

Aus sämmtlichen für jede der drei Säuren erhaltenen Werthen von $\log a$ wurden die arithmetischen Mittel genommen, und so gelangte man zu folgenden Zahlen:

für Salzsäure	$\log a = 4,09170$
für Salpetersäure	$\log a = 2,8222$
für Schwefelsäure	$\log a = 2,2243$
für Phosphorsäure	$\log a = 0,41551.$

Unter S ist immer die Menge der wasserfreien Säure in Grammen ausgedrückt zu verstehen. — Indem man sodann

diese Werthe in die verschiedenen Gleichungen $M = ma^{\frac{s}{w}}$ substituirte, erhielt man für jede Versuchsreihe eine der Zahl der Beobachtungen entsprechende von Werthen für m , aus welchen ebenfalls das Mittel genommen wurde. So ergab sich:

für Salzsäure: Versuchsreihe I.	$m = 2,118$	$t = 17^{\circ}$
" II.	$m = 1,521$	$t = 17^{\circ}$
" III.	$m = 1,681$	$t = 16^{\circ},5$
" IV.	$m = 1,579$	$t = 16^{\circ},5$
für Salpetersäure: " I.	$m = 0,9905$	$t = 16^{\circ}$
" II.	$m = 0,9905$	$t = 16^{\circ}$
" III.	$m = 1,373$	$t = 18^{\circ},5$
für Schwefelsäure " I.	$m = 0,7764$	$t = 17^{\circ}$
" II.	$m = 0,8508$	$t = 18^{\circ}$
für Phosphorsäure: " I.	$m = 0,1752$	$t = 19^{\circ},57$
" II.	$m = 0,17103$	$t = 19^{\circ},25.$

Die Werthe von m nehmen mit der Temperatur zu, wie sich noch näher aus dem Späteren ergeben wird; übrigens ist auf die hier gefundenen Zahlen in dieser Beziehung kein besonderer Werth zu legen, weil die Temperatur nicht gerade streng constant gehalten wurde, was in diesem Falle nicht nöthig war, wo es nur auf ein Sichgleichbleiben der Temperatureinflüsse für sämmtliche, in ein großes Gefäß voll Wasser mittlerer Temperatur versenkte Glasröhren, in denen sich die Mischung befand, ankam.

Mit den so bestimmten Werthen von a und m wurde sodann aus der Formel $\log Z_0 - \log Z = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w} ST$, Z berechnet. Auch hier konnte, wie leicht ersichtlich, der Bequemlichkeit wegen mit Brigg'schen Logarithmen gerechnet werden. Waren die Constanten mit hinreichender Genauigkeit bestimmt, so mußten, wenn anders die Formel den Vorgang und seine Bedingungen richtig ausspricht, durch diese Rechnung, die unmittelbar aus dem Versuch

mit Hülfe der Gleichung $Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}$ gefundenen Werthe wieder erhalten werden. In wie weit dieß der Fall sey, wird man aus den Zusammenstellungen für die vier Säuren auf Tabelle V, VI, VII und VIII *) ersehen, wo neben einer Uebersicht der einzelnen Versuchsreihen auch die aus der Beobachtung und aus der Formel berechneten Werthe von Z sich finden. Ich glaube, daß nur wenige Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung die bei diesem Versuch unvermeidliche Fehlergränze überschreiten. Welcher Art die Fehlerquellen seyen und wie groß ihr Einfluß etwa anzunehmen seyn möchte, darüber glaube ich an dieser Stelle einige Bemerkungen einschalten zu müssen. Es können zunächst dabei Fehler unterschieden werden, Fehler des Versuchs und Fehler der Beobachtung. Was die ersteren anbelangt, so sind etwaige kleine Fehler der Wägung wohl zu vernachlässigen; dagegen ist der Verlust in den Gefäßen, der, da man mit bestimmten, oft sehr kleinen Wassermengen arbeitet, nicht ganz zu vermeiden ist, gewiß von merkbarem Einfluß. Am erheblichsten sind die Differenzen, welche durch Temperatur-Verschiedenheiten entstehen können. Erwärmung der Röhre durch die Hand im Augenblick der Mischung suchte ich zwar möglichst zu vermeiden, überhaupt bei allen einzelnen Versuchen jeder Reihe recht gleichmäßig zu verfahren; dennoch sind merkbare Störungen und Abweichungen gewiß nicht ausgeblieben, um so mehr, da kleine Temperaturschwankungen schon so große Veränderungen im Werth von m hervorbringen, Differenzen von 5° denselben ungefähr verdoppeln.

Der Fehler der Ablesung ist ein doppelter, der sich im ungünstigen Fall addiren kann, der Fehler bei Bestimmung des Nullpunkts und der Fehler der Ablesung selbst. Bisweilen namentlich in den Nachmittagsstunden schwankte der Nullpunkt so, daß ich nicht im Stande war zuverlässige Beobachtungen anzustellen. Ich habe vor und nach jeder Ablesung den Nullpunkt genommen, um mich wenig-

*) Am Schlusse der Abhandlung.

stens gegen jeden größeren Fehler sicher zu stellen. Leider konnte, wegen Mangel eines Nonius, die Ablesung mit meinem Instrument nicht die ganze Schärfe erhalten, deren sie wenigstens in geringen Abständen vom Nullpunkt fähig ist. Eine besondere Fehlerquelle tritt noch bei der Schwefelsäure hinzu durch die Erwärmung beim Mischen mit Wasser. Ich bin zwar in dieser Beziehung mit aller möglichen Vorsicht verfahren; dennoch vermute ich, dass diesem Umstande die etwas größeren Abweichungen bei den Versuchen mit dieser Säure zugeschrieben werden müssen. Nach dem Vorerwähnten glaube ich, dass man einen Fehler von 1° , worin $0^\circ,5$ auf die Störungen während der Digestion, $0^\circ,5$ auf die Bestimmung des Nullpunkts und der Ablesung zu rechnen wäre, bei diesen Versuchen wird als möglich annehmen müssen. Bei den zur Bestätigung der Formel:

$M = \frac{m a^{\frac{s}{w}}}{w}$ angestellten neunzig Beobachtungen beträgt aber für Z die Summe der positiven Differenzen $+21^\circ,4$, die der negativen Differenzen $-13^\circ,86$. Um die Abweichung der Ablesung D zu finden muss man noch mit $(1+\mu)$ multipliciren, dann ergibt sich für etwa acht Fälle ein wenig größerer Fehler als die oben angenommene Gränze (im Maximum $2^\circ,25$), und zwar sind dies Fälle, wo die Anwendung einer sehr kleinen Säuremenge und in Folge dessen die Geringfügigkeit der Einwirkung, den relativen Werth einer jeden Ungenauigkeit sehr erhöhen musste. Ueberdies liegt für solche Versuche bei denen eine große Zuckermenge unzersetzt blieb, auch eine erhebliche und unvermeidliche Fehlerquelle in der, während der Ablesung, noch stattfindenden Einwirkung der Säure, welche namentlich von Bedeutung wird, wenn man in Folge ungünstiger atmosphärischer Verhältnisse die Beobachtung auch mit der wünschenswerthen Schnelligkeit ausführen kann.

Bei Betrachtung der Gleichung:

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{m a^{\frac{s}{w}} S T}{w}$$

ergiebt sich, dafs mit einer proportionalen Veränderung von S und w für gleiche Z_0 , m und T auch Z unverändert d. h. der Gang der Umwandlung des Zuckers derselbe bleibt; dies bestätigt auch der Versuch, wie sich aus der Zusammenstellung auf Tabelle IX. *) ergibt. Zugleich ist dies eine Folge der früher nachgewiesenen Unabhängigkeit der Gröfse M von Z . Wurden nämlich in einer Mischung von beliebigem Zucker-, Säure- und Wasser-Gehalt alle drei Bestandtheile auf das n fache vermehrt, so mußte offenbar bei unveränderter Temperatur der Gang der Umwandlung unverändert, also auch das Product MS constant bleiben. Wegen der Unabhängigkeit von Z_0 wird dieser constante Werth von MS aber auch fortbestehen, wenn man sich nZ_0 wieder auf Z_0 vermindert denkt.

D. Einfluß der Temperatur.

Im Nachstehenden lasse ich nun eine Zusammenstellung bei verschiedenen Temperaturen angestellter Versuche folgen (Tabelle X*). Es ist leicht begreiflich, dafs hier die Unsicherheit der Resultate etwas gröfser wird, denn dieselbe Temperatur, oft während langer Zeit, ohne die kleinste Schwankung constant zu erhalten, ist namentlich für Jemand, der ohne Beihülfe arbeitet, nicht immer leicht. Dennoch hoffe ich in dieser Beziehung keinen erheblichen Fehler begangen zu haben; andererseits muß ich mir aber eine Fehlerquelle zum Vorwurf machen, die wohl zu vermeiden gewesen wäre. Als ich meine betreffenden Versuche anstellte, kannte ich nämlich noch nicht das Gesetz des Einflusses der Temperatur auf das Drehungsvermögen des Schleimzuckers, es war daher nöthig die Ablesung jedesmal bei derselben Temperatur — ich wählte 15° — vorzunehmen; deshalb mußte die Mischung zuvor auf diese Temperatur erwärmt oder abgekühlt werden. Dazu waren immer einige Minuten erforderlich; während dieser, wenn gleich nur kurzen Zeit, fand immer eine Nachwirkung statt, die bisweilen nicht unbedeutend seyn, aber doch nicht in Rechnung genommen werden konnte. Dazu kam noch, dafs

*) Am Schlusse der Abhandlung.

ein Theil der Versuche bei sehr hoher äußerer Temperatur (20—22°) angestellt, die bei 15° in den Apparat gebrachte Flüssigkeit durch diesen erwärmt und so einerseits eine ferne Nachwirkung begünstigt, andererseits auch das Ablesungsergebnis verfälscht wurde, indem nun der bei der Berechnung von Z aus D angewendete Coefficient μ nicht mehr der entsprechende war. Aus diesem Grunde halte ich namentlich die Versuchsreihen IV. und VI. für unzulässig und die daraus gefundenen Werthe von m einer etwas höheren Temperatur angehörig; sie sind daher aus der fernerer Berechnung fortzulassen. Behufs dieser Berechnung war aber noch eine Frage experimentell zu beantworten. Ich hatte zwar die Werthe der Constanten a für die vier Säuren bei mittlerer Temperatur bestimmt; es blieb indess zweifelhaft, ob dieselben der Rechnung für jede höhere oder niedere Temperatur zu Grunde gelegt werden könnte. Leider habe ich zu wenig Versuche angestellt, um diese Fragen genügend entscheiden zu können. Folgendes sind die für die beigesetzten Temperaturgrade gefundenen Werthe:

	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.
91,5 D	$\lg a = 3,711$		
128,5 D		$\lg a = 1,486$	
150 D			$\lg a = 1,386$
162 D		$\lg a = 1,902$	$\lg a = 1,126$
186,5 D	$\lg a = 3,409$		
210 D		$\lg a = 1,7257$	
225 D			$\lg a = 1,607.$

Diese Werthe sind jederzeit nur aus zwei Versuchen berechnet, was, wie sich aus dem Früheren ergibt, nicht hinreicht um a mit Sicherheit zu finden. Da überdies die beiden verglichenen Versuche, mit Ausnahme der bei 225 D angestellten, immer von gleicher Dauer waren, so mußte der mit der geringeren Säuremenge, wegen der Nachwirkung während des Ablesens stets ein zu großes M geben, wodurch dann a sich immer zu klein berechnete. Diefes trat, wie man sieht, auch ein; übrigens ist aber bei

Temperaturen ober und unterhalb 15° eine Ab- oder Zunahme der Werthe von a nicht zu bemerken, ich habe mir daher auch gestatten dürfen, die für die mittlere Temperatur gefundenen a für die ganze Berechnung durchgehend anzuwenden.

Bei letzterer bin ich nun folgendermaßen verfahren. Sucht man mittelst der Formel:

$$lZ_0 - lZ = MST = \frac{ma^{\frac{t}{w}} \cdot ST}{w}$$

(auf Tabelle XI. am Schlufs) das jeder Temperatur zukommende m , so sieht man bald, dafs das Gesetz, welches m mit der Temperatur verknüpft, für die vier behandelten Säuren dasselbe ist; darnach mufs also das Verhältnifs zwischen dem m jeder Temperatur ein constantes seyn. Abweichungen sind Ungenauigkeiten der Versuche zuzuschreiben. Um das Verhältnifs dieses Factors der mittleren Umwandlungscoefficienten für vier Säuren zu bestimmen, wurde also zunächst dessen Werth für jede der 24 bei verschiedenen Temperaturen angestellten Versuchsreihen berechnet, sodann aus allen diesen Werthen das Mittel genommen. Es ergab sich — für Salzsäure $m' = m$ Modul. (da wieder briggische Logarithmen den natürlichen bei der Berechnung substituirt waren) zur Einheit genommen:

für Salzsäure $m' = 1 = P$

für Salpetersäure $m' = 0,60222 = P'$

für Schwefelsäure $m' = 0,42169 = P''$

für Phosphorsäure $m' = 0,072365 = P'''$.

Demnach wird also das Gesetz der Abhängigkeit der m von t für jede der vier Säuren durch dieselbe Curve ausgedrückt, nur die zugehörigen Parameter sind verschieden. Dividirt man nun die Reihe der m' für jede Säure durch den entsprechenden Parameter so erhält man Tabelle XII.

Es kam darauf an, die Form einer Function zu ermitteln, welche das Gesetz der in Rede stehenden Curven ausdrückt, dann mittelst der vorliegenden Versuche die Constanten zu bestimmen. Bei der Wahl der Function liefs ich mich durch theoretische Betrachtungen leiten, ein Weg,

der mich zwar, wie ich glaube, zum Ziel geführt hat, ohne dass indessen die Werthe der Constanten, wie sie sich nachher ergaben, mit den Voraussetzungen, von denen ich ausging, vereinbar waren. Die theoretische Bedeutung, welche ich meiner Formel beilegte, ist daher nicht zulässig und die wahre noch zu ermitteln; dennoch will ich den Gang meiner Betrachtungen in der Kürze darlegen, um daran später eine anderweitige Bemerkung zu knüpfen

Man hat bei dem chemischen Proceß, von dem hier die Rede ist, offenbar zweierlei zu unterscheiden, einmal die Größe der Wirksamkeit, der Energie, und das andere Mal die Größe der dieser Wirksamkeit proportionalen Wirkung, des Effects. Die Wirksamkeit kann gesteigert, aber gleichzeitig der Effect ihrer Einheit vermindert seyn, dann wird das Resultat der Wirksamkeit nicht proportional vermehrt, ja es kann sogar bei gesteigerter Wirksamkeit vermindert seyn. Es ist sehr wohl denkbar, ja die Annahme vielleicht nicht abzuweisen, dass das Resultat der chemischen Action durch die Temperatur in dieser Weise modificirt werde; während nämlich die Energie der chemisch wirksamen Substanz der Säure durch Temperaturerhöhung eine Steigerung erfährt, muß in Folge der Ausdehnung und der Zunahme der Moleculabstände der, der Wirksamkeits-Einheit entsprechende Effect vermindert werden. Beides muß in der Formel, um welche es sich hier handelt, Berücksichtigung finden. Zu dem Ende glaubte ich mich der aus dem Früheren sich ergebenden Resultate bedienen zu können. Es fand sich dort der Umwandlungs-Coëfficient bei Vermehrung des Lösungsmittels, also das Volumen diesem umgekehrt proportional, andererseits mit einer Exponential-Größe multiplicirt, deren Exponent der Concentrationsgrad der Säure war. Es war zu versuchen, ob hier die Berechnung mit einer analogen Formel gelingen würde. Ob das Volum durch Hinzufügen des indifferenten Lösungsmittels oder durch Zufuhr von Wärme vermehrt war, mußte wohl gleichgültig seyn, nur kam es darauf an, das Gesetz zu kennen, nach welchem bei Temperaturerhöhung die Volume zunehmen. Dieß Gesetz ist, wie man weiß, noch

nicht ermittelt; indess erhält man für die Ausdehnung der Flüssigkeiten eine sehr gute Annäherung, wenn man die Abnahme diesen Temperaturzunahmen proportional setzt, also $d_0 : d_t = 1 : (1 - \alpha t)$. Nach diesen Betrachtungen versuchte ich also m' als Function der Temperatur darzustellen durch die Formel:

$$m' = K \beta^{(t-91,5)} [1 - \alpha(t - 91,5)]$$

worin K , β und α näher zu bestimmende Constante sind. Zur Bestimmung der Constanten nahm ich die drei Gleichungen:

$$0,1136 = K \beta^{(91,5 - 91,5)} [1 - \alpha(91,5 - 91,5)]$$

$$\text{oder: } 0,1136 = K$$

$$4,747 = K \beta^{(161,5 - 91,5)} [1 - \alpha(161,5 - 91,5)]$$

$$164 = K \beta^{(250,5 - 91,5)} [1 - \alpha(250,5 - 91,5)]$$

theils weil sie die Temperaturscale ungefähr gleichmäfsig theilen, theils weil sie mir durch die gute Uebereinstimmung oder durch die Anzahl der zugehörigen Versuche am Besten beglaubigt schienen. Daraus fand ich:

$$K = 0,1136$$

$$\alpha = 0,0050908.$$

$$\beta = 1,057788 \quad \log \beta = 0,0243989$$

oder wenn man statt der Scalentheile Centesimalgrade einführt:

$$\alpha' = 0,0154709$$

$$\beta' = 1,186173.$$

Der Werth für α war offenbar viel zu grofs, um mit meiner theoretischen Ansicht von seiner Bedeutung vereinbar zu seyn; wie man daher die Temperaturformel auszulegen habe, mufs ich dahingestellt seyn lassen, nur will ich eines auffallenden Umstandes erwähnen. Die Formel hat die Eigenschaft bis $63^\circ,61$ zu wachsen, dort ihr Maximum zu erreichen, dann plötzlich bei $64^\circ,64 = 0$ zu werden und ins Negative überzugehen; damit stimmt auch das Verhalten der Mischung in sofern überein, als die Einwirkung augenscheinlich mehr und mehr steigt, bei 60° etwa, wie auch Biot angiebt, instantan beendigt ist, darüber hinaus in eine, sich durch Bräunung verrathende, Zerstörung

des Zuckers übergeht. Sollte diese Uebereinstimmung zufällig seyn, oder liegt ihr eine tiefere Bedeutung zu Grunde?

Die mittelst der Formel:

$$m' = P.K[1 - \alpha(t - 91,5)]\beta^{(t-91,5)}$$

und die aus den Beobachtungen mit Hülfe der Gleichung

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{m' \alpha^{\frac{s}{w}} \cdot S \cdot T}{w}$$

berechneten Werthe finden sich zusammengestellt auf Tabelle XII. Um indeß übersehen zu können, in wie weit Berechnung und Beobachtung übereinstimmen, war es nöthig auf die eine oder andere Art auch Z zu suchen; dieß geschah (auf Tabelle XIII.) aus der Ablesung D mittelst der gewöhnlichen Formel: $Z_0 = Z - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}$, und auf dem Wege der Berechnung, aus den hier vollständig folgenden Formeln, für Salzsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = K[1 - (t - 91,5)\alpha]\beta^{(t-91,5)} \times (12351) \cdot \frac{s}{w} \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Salpetersäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,60222 K \beta^{(t-91,5)} \times [1 - (t - 91,5)\alpha] \times (664,1) \cdot \frac{s}{w} \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Schwefelsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,42169 \cdot K[1 - (t - 91,5)\alpha]\beta^{(t-91,5)} \times (167,6) \cdot \frac{s}{w} \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Phosphorsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,072365 \cdot K[1 - (t - 91,5)\alpha]\beta^{(t-91,5)} \times (2,603) \cdot \frac{s}{w} \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

worin K , α und β die vorerwähnten Werthe haben. Um die wahren m aus $m' = m \text{ Modul.}$ zu finden hat man nur nöthig statt mit K mit $\frac{K}{\text{Modul.}} = \frac{0,1136}{0,4342945} = 0,2615737$ zu multipliciren.

Setzt man $\frac{S}{w} = q$ und führt Centesimalgrade ein, so erhält man zur Berechnung von Z die allgemeine Formel:

$$Z = Z_0 e - C(1 - \alpha't)\beta' a^2 q. T.$$

Addirt man endlich noch die positiven und negativen Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung so ergibt sich für die berechneten 72 Versuche

Summe der positiven Differenzen = $26^{\circ},78$

Summe der negativen Differenzen = 22° .

Nach Aufführung meiner Versuchsergebnisse habe ich nur noch Weniges hinzuzufügen. Ich muß es den Chemikern überlassen, wenn diese anders meiner Arbeit einige Aufmerksamkeit schenken, zu entscheiden, ob und wie weit die gefundenen Formeln auf andere chemische Vorgänge Anwendung finden; jedenfalls scheinen mir doch alle diejenigen, deren Eintreten man der Wirksamkeit einer katalytischen Kraft zuschreibt, hieher zu gehören. Abzuleiten, welche theoretische Folgerungen sich aus der Form der Gleichung für m ergeben, ist, wie ich glaube, die Aufgabe der Molecular-Physik in ihrem mathematischen Theil; andeuten möchte ich nur, daß sich daraus vielleicht eine Abhängigkeit der chemischen Kraftwirkung von der Entfernung und zwar, da w proportional r^3 , — wenn r den Abstand zwischen Säure und Zuckermolecul bedeutet — eine Abnahme proportional der dritten Potenz dieses Abstandes ergibt. Dabei muß man dann freilich noch die Annahme machen, daß der Factor α' , welcher sich ebenfalls mit w verändert, sich nur auf die Energie des wirkenden Moleculs, nicht auf den durch die Einheit der Energie hervorgebrachten Effect beziehen. Welche Bedeutung hat aber jene Exponentialgröße α' ? Wirken etwa die Säuremoleculs, gleichsam inducirend, sich gegenseitig zu einer energischeren chemischen Action steigend auf einander?

Ob auch der Luftdruck von Einfluß auf den hier besprochenen chemischen Proceß sey, habe ich bisjetzt noch nicht untersuchen können, ich werde meine Ansicht demnächst in dieser Beziehung vervollständigen.

Tabelle V. Salzsäure $\log a = 4,09170$.

I. Säure und Lösungsmittel veränderlich.					$M = m a^{\frac{s}{m}}$ $m = 2,118$			Z.	
Z_0	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18°,75	4×0,242 _{gr}	6 _{gr}	30'	— 2°	8,7373	9,707	3°,69	3°,08	— 0,61
„	3×0,242	„	„	+ 2,5	7,1124	6,788	6,95	7,27	+ 0,32
„	2×0,242	„	1 ^h	+ 4,25	4,4323	4,384	8,22	8,27	+ 0,05
„	0,242	„	„	+ 12,25	3,1174	3,099	14,03	14,05	+ 0,02
„	4×0,242	10	„	+ 0,25	5,6401	5,279	5,32	5,77	+ 0,45
„	3×0,242	„	„	+ 5	4,5392	4,202	8,78	9,28	+ 0,50
„	2×0,242	„	2 ^h 10'	+ 4,75	3,232	3,344	8,58	8,34	— 0,24
„	0,242	„	1 ^h 36'	+ 13,5	2,513	2,661	14,98	14,78	— 0,20

IV. Lösungsmittel veränderlich $m = 1,579$.

Z_0	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
20°	2×0,242 _{gr}	4 _{gr}	2 ^h	— 5°,25	4,4166	4,945	1°,7	1°,27	— 0,43
„	„	6	2 ^h 30'	— 2	3,4282	3,380	4,06	4,29	+ 0,23
„	„	8	3 ^h	+ 0,75	2,8563	2,795	6,05	6,78	+ 0,73
„	„	10	„	+ 40	2,5869	2,493	8,41	8,68	+ 0,27
„	„	12	„	+ 6,5	2,4058	2,310	10,22	9,97	+ 0,25

Temperatur der Digestion und Ablesung $t = 16°,5$.

Tabelle V. Salzsäure.

II. Säuremenge veränderlich.				$M = m a \frac{s}{m} = 1,521.$		Z.	
Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
39°	4 × 0,2025 ^r	9,6125 ^r	2 ^h	0°	3,301	3,359	10°,49
»	3,5 × 0,202	9,679	2 ^h	+ 5	2,949	3,025	14,11
»	3 × 0,202	9,746	»	+ 8,5	2,901	2,733	17,82
»	2,5 × 0,202	9,813	3 ^h	+ 7,75	2,426	2,471	16,19
»	2 × 0,202	9,880	»	+ 13,5	2,2574	2,236	20,74
»	1,5 × 0,202	9,947	5 ^h 30'	+ 9,5	2,045	2,027	17,84
»	1 × 0,202	10,014	»	+ 19	1,809	1,840	24,38
»	0,101	10,081	»	+ 27,25	1,936	1,671	31,56

III. Säuremenge veränderlich $m = 1,681.$

III. Säuremenge veränderlich $m = 1,681.$				$M = m a \frac{s}{m} = 1,681.$		Z.	
Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
29°,25	6 × 0,2424	8,1585 ^r	1 ^h	— 9°,75	8,302	9,008	0°,73
»	5,5 × »	»	»	— 9,25	8,217	7,832	2,09
»	5 × »	»	»	— 7,75	7,288	6,809	2,851
»	4,5 × »	»	»	— 5,25	6,275	5,920	4,734
»	4 × »	»	2 ^h	— 8,25	4,850	5,147	2,08
»	3,5 × »	»	»	— 6,25	4,429	4,460	3,94
»	3 × »	»	»	— 3	3,914	3,886	5,94
»	2,5 × »	»	4 ^h	— 7	3,217	3,375	2,92
»	2 × »	»	»	— 3	2,935	2,936	5,87
»	1,5 × »	»	»	+ 3,5	2,478	2,553	10,26
»	1 × »	»	8 ^h	+ 1	2,202	2,222	8,48
»	0,5 × »	»	»	+ 12	2,040	1,932	17,24
»	0,25 × »	»	»	+ 19	2,143	1,802	22,86

Tabelle VI. Salpetersäure $\log a = 2,8222$.

I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.				$M = m a^{\frac{a}{m}}$ $m = 0,9905$				Z.	
Z ₀	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18° 75	4. 0,277	6gr	1 ^b 5'	— 0° 5	2,906	3,274	4° 94	4° 17	— 0° 77
»	3. »	»	»	+ 5	2,168	2,428	8,89	8,11	— 0,78
»	2. »	»	1 ^b	+ 10	1,9216	1,801	12,48	12,80	+ 0,32
»	1. »	»	3 ^b 15'	+ 9	1,357	1,336	11,76	11,83	+ 0,07
»	1. »	5gr	»	+ 7,75	1,318	1,420	10,86	10,16	— 0,70
»	5. »	10gr	1 ^b 5'	+ 4	2,405	2,428	8,17	8,11	— 0,06
»	4. »	»	2 ^b	+ 0,5	2,347	2,035	5,66	6,64	— 0,98
»	3. »	»	1 ^b	+ 11	1,838	1,700	13,19	13,54	+ 0,35
»	2. »	»	3 ^b 15'	+ 7,5	1,358	1,420	10,68	10,16	— 0,52
»	1. »	»	»	+ 12,75	1,257	1,186	14,45	14,66	+ 0,21

II. Säuremenge veränderlich $m = 0,9905$.

36°	4. 0,281	8,091gr	2 ^b	— 2°	2,197	2,176	8° 84	8° 96	+ 0° 12
»	3,5. »	»	»	+ 2,5	1,952	1,934	12,20	12,20	+ 0,12
»	3. »	»	»	+ 7	1,789	1,772	15,39	15,39	+ 0,12
»	2,5. »	»	»	+ 11,75	1,644	1,628	18,67	18,79	+ 0,12
»	2. »	»	4 ^b	+ 6	1,416	1,403	14,56	14,68	+ 0,12
»	1,5. »	»	»	+ 13,25	1,253	1,241	19,74	19,85	+ 0,11
»	1. »	»	4 ^b	+ 20,5	1,151	1,140	24,92	25,00	+ 0,08
»	0,5. »	»	»	+ 27,75	1,120	1,109	30,1	30,15	+ 0,05

Tabelle VI. Salpetersäure.

III. Säuremenge veränderlich.

$$M = m a \frac{a}{m} \\ m = 1,373$$

Z

Z ₀	S.	W.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
38°	6. 0,2775°	105°	1 ^b	— 1° 75	3,7746	4,144	8°,84	7° 78	— 1° 06
37	5,5.	30	30	+ 1	3,581	3,779	10,85	10,12	— 0,73
36	5.	30	30	+ 3,25	3,484	3,447	12,51	12,66	+ 0,15
35	4,5.	30	30	+ 6,5	3,263	3,144	14,89	15,41	+ 0,52
34	4.	95°	30	+ 7	3,213	3,057	15,26	15,97	+ 0,71
33	3,5.	30	2 ^b 5'	+ 12,5	2,731	2,706	19,29	19,13	— 0,16
32	3.	30	2 ^b	+ 3	2,541	2,502	12,32	12,28	— 0,04
31	2,5.	30	30	+ 9	2,315	2,264	16,72	17,03	+ 0,31
30	2.	30	1 ^b 40'	+ 19	1,921	2,048	24,13	24,58	+ 0,45
29	1,5.	30	5 ^b	+ 5,5	1,857	1,853	14,16	14,18	+ 0,02
28	1.	30	30	+ 13,75	1,781	1,676	20,21	20,97	+ 0,76
27	0,5.	30	30	+ 25,5	1,558	1,517	28,83	29,04	+ 0,21

Temperatur der Ablesung 22°,5.

Tabelle VII. Schwefelsäure $\log a = 2,2243$.

I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.				$M = m a \frac{s}{m}$ $m = 0,7764$		Z.	
Z_0	S.	gr.	T	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
28° 13	4. 0,78gr	6gr	30'	- 11° 5	9,212	0°, 13	0°, 04
"	3. "	"	"	- 7,75	5,222	2,7	2,16
"	2. "	"	1 ^h	- 3,5	4,242	6,13	7,09
"	1. "	"	"	+ 13	2,643	12,46	14,06
"	4. "	10gr	30'	- 3	3,014	5,78	4,84
"	3. "	"	"	+ 6	1,677	8,43	8,14
"	2. "	"	2 ^h	+ 0,25	1,597	17,44	17,9
"	1. "	"	"	+ 13,5	1,282	17,79	18,56

II. Säuremenge veränderlich, $m = 0,8508$. (Ableitung bei 19° und 20°).

				$M = m a \frac{s}{m}$ $m = 0,8508$		Z.	
Z_0	S.	gr.	T	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
38°	4,5. 0,78gr	8gr	30'	- 13° 5	6,836	1,21	0°, 65
"	4. "	"	"	- 11,5	5,939	2,64	2,26
"	3,5. "	"	"	- 8,5	5,271	4,79	5,56
"	3. "	"	"	- 0,5	3,819	10,5	10,52
"	2. "	"	2 ^h	- 7,5	2,153	5,5	4,77
"	1,5. "	"	"	+ 1,5	1,720	11,93	11,3
"	1. "	"	4 ^h	0	1,359	10,86	10,78
"	0,5. "	"	"	+ 16	1,188	22,29	23,27
"	0,25. "	"	"	+ 25,75	1,166	29,25	30,60

Tabelle VIII. Phosphorsäure $\log a = 0,41551$.

I. Säuremenge veränderlich. (Ablesung bei 21°,5.)				$M = \frac{m \cdot a}{w}$ $m = 0,1752$		Z.	
Z_0	s.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
36°,5	6. 0,29555 π	10 π	9 ^b	+ 9°,25	0,2043	17°,23	- 0°,21
"	5. " "	"	"	+ 12°,5	0,2039	19°,66	+ 0°,13
"	4. " "	9 π	"	+ 15	0,1979	21°,3	- 0°,05
"	3. " "	"	"	+ 19°,5	0,1957	24°,48	+ 0°,16
"	2. " "	8 π	"	+ 23°,75	0,1854	27°,48	- 0°,10
"	1. " "	"	"	+ 29°,75	0,1829	31°,73	+ 0°,03
II. Säuremenge veränderlich. (Ablesung bei 22°) $m = 0,17103$.							
36°,5	6. 0,29555	10,146 π	11 ^b	+ 6°	0,20245	14°,9	+ 0°,02
"	4,5. " "	"	"	+ 12	0,19403	19°,17	+ 0°,01
"	3. " "	"	"	+ 18	0,2009	23°,4	+ 0°,79

Tabelle IX.

Säure und Lösungsmittel proportional veränderlich:

a) Salzsäure.

Z_0	S.	w.	T.	D.	$M = m a \frac{s}{v}$
19°	0,5 . 0,242 _{gr}	3 _{gr}	4 ^b 30'	3°,5	2,145
"	1. "	6	"	3	2,259
"	1,5. "	9	"	3	2,259
"	2. "	12	"	3,5	2,145

b) Schwefelsäure.

17°,5	2 . 0,78 _{gr}	12 _{gr}	2 ^b 30'	- 0°,5	1,743
"	1,5. "	9	"	+ 0,5	1,393
"	1. "	6	"	+ 1	1,471
"	0,5. "	3	"	+ 2	1,317

c) Salpetersäure.

19°,5	0,5 . 0,281 _{gr}	2,768 _{gr}	8 ^b	+ 3°	1,0575
"	0,75. "	4,152	"	+ 2	1,1676
"	1. "	5,536	"	+ 2	1,1676
"	1,5. "	8,304	"	+ 2	1,1676
36	2,5. "	8,012	"	- 6,75	1,560
27	2. "	6,410	6	- 5,5	1,625
18	1,5. "	4,807	"	- 4	1,705
9	1. "	3,205	"	- 2	1,705

Tabelle X.

I. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	38°	0,521 ^{gr}	8130	13 ^a 20'	+ 19° 5	Salzsäure	39°	0,677 ^{gr}	9,700 ^{gr}	17 ^a	14° 5
»	»	0,261	8130	13 ^b 20'	+ 30	Salpetersäure	»	1,005	9,520	»	15° 75
Salpetersäure	»	0,559	»	»	+ 20	Schwefelsäure	»	1,560	9,370	»	11° 5
Schwefelsäure	»	1	»	»	+ 22,5	Phosphorsäure	»	1,389	9,380	»	34° 75

III. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37° 25	0,677 ^{gr}	9,860	7 ^a 30'	26° 25	Salzsäure	38°	0,521 ^{gr}	8130	2 ^a 45'	28° 5
Salpetersäure	»	1,005	9,683	»	27° 75	Salpetersäure	»	0,859	»	»	27° 5
Schwefelsäure	»	1,560	9,531	»	22° 75	Schwefelsäure	»	1	»	»	29
Phosphorsäure	»	1,389	9,540	»	34° 75		»				

IV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 103 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

V. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 106 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,677 ^{gr}	9,700	9 ^a 25'	+ 11°	Salzsäure	38°	0,521 ^{gr}	8 ^{gr}	2 ^a	25° 5
Salpetersäure	»	1,005	9,520	9 ^a 40'	+ 12	Salpetersäure	»	0,859	»	»	25
Schwefelsäure	»	1,560	9,370	»	+ 6,5	Schwefelsäure	»	1	»	»	26
Phosphorsäure	»	1,389	9,380	»	+ 32						

VI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 116 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

VII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 120,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37° 25	0,3386	10,08	12 ^h	+ 12°
Salpetersäure	"	0,5025	10	"	+ 14,25
Schwefelsäure	"	0,78	9,920	"	+ 9,25
Phosphorsäure	"	1,389	9,540	"	29

IX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 136 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37° 25	0,6776r	9,860	4 ^h 35'	— 3°
Salpetersäure	"	1,005	9,683	"	— 2,5
Schwefelsäure	"	1,560	9,531	"	— 7
Phosphorsäure	"	1,389	9,540	"	+ 30

XI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 144 D.
Temperatur d. Ablesung = 18° 5 C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	38°	0,5206r	86r	5 ^h	8° 5
Salpetersäure	"	0,859	"	"	— 9,5
Schwefelsäure	"	1	"	"	— 7,5
Phosphorsäure	"	1,182	"	"	+ 27

VIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 128,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,5216r	86r	12 ^h 30'	— 10°
Salpetersäure	"	0,859	"	"	— 5,75
Schwefelsäure	"	0,430	"	"	+ 11
Phosphorsäure	"	1,0	"	"	— 9,5

X. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 136,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,33866r	9,9216r	7 ^h	+ 9° 5
Salpetersäure	"	0,5025	9,833	"	+ 8
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 3,5
Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	+ 27,5

XII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 155 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37° 5	0,5216r	86r	2 ^h	— 0° 5
Salpetersäure	"	0,859	"	"	— 0,5
Schwefelsäure	"	1	"	"	+ 3
Phosphorsäure	"	0,5	"	"	+ 19

XIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 151 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	16°,75
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	18
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	15°,25

XIV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 162 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	2h	7°,25
Salpetersäure	»	0,859	»	»	7,75
»	»	0,43	»	»	+ 8,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	- 4
»	»	0,5	»	»	+ 12

XV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 166,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	+ 4°,25
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	+ 6
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	+ 1,75
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	+ 25,5

XVI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 182 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	1h	+ 3°
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	+ 3,75
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	- 1,25
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	+ 26

XVII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 186,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	1h	- 12°
Salpetersäure	»	0,859	»	»	- 11,25
Salzsäure	»	0,26	»	»	+ 1,25
Schwefelsäure	»	1	»	»	- 11,25

XVIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 195 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	30'	- 8°,25
Salpetersäure	»	0,859	»	»	- 9,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	- 6

XIX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 197 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	+ 3°, 25	Salzsäure	37°, 5	0,521gr	9gr	15'	- 8°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 5	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9, 25
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 1, 25	"	"	0,43	"	"	+ 6
Phosphorsäure	"	0,389	9,377	"	+ 25, 75	Schwefelsäure	"	1	"	"	- 5, 75

XXI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 212 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	- 6°, 25	Salzsäure	37°, 5	0,521gr	9gr	12'	- 12°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	- 6, 25	Salpetersäure	"	0,859	"	15	- 11, 5
Schwefelsäure	"	0,782	9,757	"	- 7, 75	Schwefelsäure	"	1	"	12	- 10
Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	17, 75	"	"	0,5	"	24	- 7

XXIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 236 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salpetersäure	39°	0,252gr	9,99gr	30'	- 2°, 5	Salpetersäure	37°, 5	0,261gr	9gr	10'	- 9, 75
Schwefelsäure	"	0,39	9,952	"	- 4	Salpetersäure	"	0,43	"	12	- 12, 25
Phosphorsäure	"	0,695	9,762	"	- 20	Schwefelsäure	"	0,5	"	10	- 7, 75

XX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 210 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	+ 3°, 25	Salzsäure	37°, 5	0,521gr	9gr	15'	- 8°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 5	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9, 25
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 1, 25	"	"	0,43	"	"	+ 6
Phosphorsäure	"	0,389	9,377	"	+ 25, 75	Schwefelsäure	"	1	"	"	- 5, 75

XXII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 225 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	- 6°, 25	Salzsäure	37°, 5	0,521gr	9gr	12'	- 12°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	- 6, 25	Salpetersäure	"	0,859	"	15	- 11, 5
Schwefelsäure	"	0,782	9,757	"	- 7, 75	Schwefelsäure	"	1	"	12	- 10
Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	17, 75	"	"	0,5	"	24	- 7

XXIV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 250,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salpetersäure	39°	0,252gr	9,99gr	30'	- 2°, 5	Salpetersäure	37°, 5	0,261gr	9gr	10'	- 9, 75
Schwefelsäure	"	0,39	9,952	"	- 4	Salpetersäure	"	0,43	"	12	- 12, 25
Phosphorsäure	"	0,695	9,762	"	- 20	Schwefelsäure	"	0,5	"	10	- 7, 75

Tabelle XI.

Werthe von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{m' \cdot a'' \cdot ST}{w}$.

Scalentheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
91,5	$\left\{ \begin{array}{l} 0,11397 \\ 0,1219 a) \\ 0,1253 b) \end{array} \right\}$	0,06747	0,04459	0,01164
103	0,10588	0,065024	0,04782	0,01635
106	0,26806	0,05699	0,04875	0,03473
116	0,2483	0,1657	0,12447	0,03585
120,5	0,4902	0,1463	0,1009	0,08165
128,5	0,5275	0,2822	0,2294	0,08263
136	0,6836	0,3026	0,2307	0,1154
136,5	1,094	$\left\{ \begin{array}{l} 0,28772 a) \\ 0,34088 b) \end{array} \right\}$	0,30186	0,17103
144	1,040	0,77611	0,4483	0,1752
150	1,618	0,7315	0,5244	
	2,3768	0,9451	0,6975	
151	2,4445	1,294	$\left\{ \begin{array}{l} 0,950 a) \\ 1,0718 b) \end{array} \right\}$	
162	4,2744	1,4814	1,0068	
166,5	4,744	$\left\{ \begin{array}{l} 2,4262 a) \\ 2,6842 b) \end{array} \right\}$	1,686 a)	0,3473
182	10,123	2,831	1,9085 b)	0,6647
186,5	$\left\{ \begin{array}{l} 10,990 a) \\ 11,571 b) \end{array} \right\}$	6,3302	2	
		5,332	4,646	
			4,457	

Verthe von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{m' \cdot a'' \cdot S T}{w}$.

Scalenheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
195	18,404	11,086	7,447	
197	20,071	11,899	8,013	1,3603
210	32,762	{ 21,72 a) 24,56 b)	14,675	
212	33,619	21,632	13,273	2,3994
225	65,94	26,66	{ 24,30 26,30	
226		41,909	26,927	4,671
250,5	163,93	98,886	66,175	

Tabelle XII.

Abtheilungen der Scale.	Centesimalgrade.	$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P=1$.	$\frac{m'}{P}$ Salpetersäure. $P=0,60222$.	$\frac{m''}{P'}$ Schwefelsäure $P'=0,42169$.	$\frac{m'}{P''}$ Phosphorsäure $P''=0,072369$.	Berechnet nach der Formel: $m' = K[1 - \alpha(t - 91,5)]\beta(t - 91,5)$ $\alpha = 0,0050909$ $\beta = 1,057788$.
91,5	0°	{ 0,1219 a) 0,1253 b)	0,11204	0,11561		
		{ 0,1059 0,11397	0,10797 0,09463	0,11340 0,10574		
103	3°,78	0,26806	0,27515	0,29517		0,1136

Abtheilungen der Scale.	Centesimal-grade.	$\frac{m'}{p}$ Salzsäure $P=1$.	$\frac{m'}{p'}$ Salpetersäure $P'=0,60222$.	$\frac{m''}{p''}$ Schwefelsäure $P''=0,42169$.	$\frac{m'''}{p'''}$ Phosphorsäure $P'''=0,072365$.	Berechnet nach der Formel: $m'=K[1-\alpha(t-91,5)]\beta(t-91,5)$ $\alpha=0,0050908$ $\beta=1,057788$.
106	4° 77	0,2483	0,24293	0,23928		0,2376
116	8° 06	0,4902	0,4686	0,54440		0,4938
120,5	9° 54	0,5275	0,50247	0,54708	0,49541	0,7371
128,5	12° 17	0,6836	0,56604	0,71581		1,0704
136	14° 64	1,094	1,2887	1,0631	1,1283	1,0973
136,5	14° 81	1,040	1,2147	1,2436	1,1418	1,5895
144	17° 27	1,618	1,5694	1,6541	1,5947	2,1339
150	19° 25	2,3768	2,1489	2,2529 <i>a</i>)	2,3634	2,2408
151	19° 57	2,4445	2,4599	2,5417 <i>b</i>)	2,421	3,8232
162	23° 19	4,2744	{ 4,0288 <i>a</i>) 4,4572 <i>b</i>)	3,933 <i>a</i>)		4,747
166,5	24° 68	4,744	4,7006	4,5257 <i>b</i>)	4,7992	9,8922
182	29° 78	10,123	10,512	4,7428	9,1854	12,197
186,5	31° 26	{ 10,99 <i>a</i>) 11,57 <i>b</i>)	8,8549	11,019		18,018
195	34° 06	18,404	18,408	10,569	18,798	19,723
197	34° 71	20,071	19,759	17,660		35,09
210	39	32,762	{ 36,067 <i>a</i>) 40,683 <i>b</i>)	19,002	33,157	65,812
212	39° 65	33,619	35,917	34,801		68,510
225	43° 92	65,94		{ 57,625 <i>a</i>) 62,368 <i>b</i>)	64,548	164,00
226	44° 26		68,586	63,855		
250,5	51° 99	163,93	164,20	156,93		

Tabelle XIII.

Scalentheit. Thermom.	Salzsäure Z.			Salpetersäure Z.			Schwefelsäure Z.			Phosphorsäure Z.		
	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.
91,5	{ 24°,65	25°,39	+ 0,74	25°,13	25°,75	+ 0,62	27°,12	27°,11	— 0,01	31°,55	31°,03	— 0,52
106	{ 32,23	32,73	+ 0,5	19,7	20,23	+ 0,53	16,20	16,29	+ 0,09			
120,5	18,80	19,40	+ 0,6	20,81	19,76	— 1,05	17,6	17,6	+ 0			
128,5	19,03	18,70	— 0,33	20,81	19,76	— 1,05	17,6	17,6	+ 0			
136	3,65	3,03	— 0,62	18,99	15,31	— 3,68	4,97	4,66	— 0,31			
136,5	8,21	8,17	— 0,04	8,84	9,00	+ 0,16	6,2	5,85	— 0,35			
144	17,72	16,96	— 0,76	16,84	18,27	+ 1,43	14,09	15,85	+ 1,76			
150	4,06	4,22	+ 0,16	3,63	3,51	— 0,12	5,66	6,10	+ 0,44			
151	10,08	11,53	+ 1,45	10,34	10,45	+ 0,11	{ 24,52	26,25	+ 1,73			
162	22,95	23,99	+ 1,04	23,99	25,03	+ 1,04	{ 13,46	14,04	+ 0,58			
166,5	5,22	6,43	+ 1,21	{ 8,38	9,36	+ 0,98	{ 22,34	23,09	+ 0,75			
182	13,93	13,93	+ 0	19,6	21,68	+ 2,08	{ 5,16	5,71	+ 0,55			
186,5	13,03	13,36	+ 0,33	15,41	15,27	— 0,14	{ 16,77	18,76	+ 1,99			
	{ 1,79	1,28	— 0,49	13,81	14,68	— 0,87	{ 12,86	12,85	— 0,01			
	{ 11,35	10,85	— 0,5				{ 10,75	12,24	+ 1,49			
							3,29	2,21	— 1,08			
										29,69	29,78	+ 0,09
										30,04	29,44	— 0,6

Säuretheilung des Thermom.	Salzsäure Z.			Salpetersäure Z.			Schwefelsäure Z.			Phosphorsäure Z.		
	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.
195	4,49	4,69	+0,2	3,91	4,1	+0,19	7,15	6,74	-0,41	29,86	29,47	-0,39
197	13,21	13,46	+0,25	14,7	14,61	-0,09	12,51	12,30	-0,21			
210	5,39	4,96	-0,43	{ 4,08	4,28	+0,2	7,15	7,05	-0,1			
212	6,3	4,94	-1,36	{ 14,98	16,92	+1,94	6,19	4,17	-2,02	24,35	22,65	-1,7
225	1,79	1,80	+0,01	6,6	5,9	-0,7	{ 4,17	3,05	-1,12			
226							{ 6,27	5,68	-0,59	25,9	25,26	-0,64
250,5	3,41	3,41	+0	9,34	9,55	+0,21	8,82	7,92	-0,9			
				1,94	1,95	+0,01	5,75	5,28	-0,47			

III. *Ueber das moleculare Drehungsvermögen der Substanzen; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

Bei einer Arbeit über das optische Verhalten der chemischen Verbindungen kam es mir, von der Ansicht ausgehend, daß die Fähigkeit die Polarisationssebene des Lichts zu drehen, den Moleculen selbst einwohne, darauf an, zu ermitteln, in welchem Verhältniß das Drehungsvermögen qualitativ verschiedener Molecule zu einander stehe. Es schien mir, als werde diese Aufgabe nach der von Biot vorgeschlagenen Methode der Berechnung nicht auf dem kürzesten Wege gelöst, da man hiernach das Drehungsvermögen einer Schicht der wirksamen Substanz von 1^{mm} Dicke im Zustand einer hypothetischen Dichte = 1 bestimmt. Die Anzahl der Molecule in der, auf die Dichte 1 reducirten Volumeinheit verschiedener Substanzen ist aber nicht gleich, sondern proportional $\frac{1}{a}$, — worin a das entsprechende Atomgewicht — es mußten daher die von Hrn. Biot gefundenen Zahlen noch mit a multiplicirt werden, um die gewünschten vergleichbaren Zahlen zu erhalten.

Man weiß aber auch, daß das Drehungsvermögen eines Molecule mehr oder weniger veränderlich ist mit der Temperatur und mit der chemischen Einwirkung des Lösungsmittels; es wird daher eine Vergleichung des molecularen Drehungsvermögens ebenso wenig feststehende Werthe ergeben, als etwa eine specifische Gewichtsbestimmung bei der man keine Normaltemperatur zu Grunde gelegt hätte. Will man also eine derartige Vergleichung anstellen, so muß man zuvor alle Molecule in identische Verhältnisse versetzen. Vertheilt man so den Atomgewichten proportionale Mengen, bei gleicher Temperatur, durch ein möglichst indifferentes Lösungsmittel auf gleiche Räume, so werden die durch derartige Lösungen erhaltenen Drehungen unmittelbar das gegenseitige Verhältniß der molecularen Drehungsvermögen angeben.

Um zu einer allgemeinen Uebereinstimmung zu gelangen, würde man sich darüber zu einigen haben, welche Temperatur und welcher Grad der Vertheilung im Raum als normal zu betrachten sey. Ich habe in meinen, leider sehr unvollkommenen Versuchen, als solche 15° C. und den Inhalt meiner Glasröhre angenommen, welche in genannter Temperatur, bei 150^{mm} Länge, 13,850 Grm. destillirtes Wasser faßt.

Obige Entwicklung liefs sich in folgender Art leicht algebraisch darstellen.

Ohne Beweis ist klar, dafs die Drehung d , welche eine Flüssigkeitssäule von der Länge l , vom Volum $V=2r\pi.l$, hervorbringt, gleich ist dem Produkt aus der Anzahl N , der vorhandenen wirksamen Molecule in das Drehungsvermögen D , jedes einzelnen, dividirt durch den Querschnitt ($2r\pi$). Vergleicht man also zwei verschiedene Substanzen in verschiedenen Apparaten, so erhält man:

$$d:d' = \frac{ND}{2r\pi} : \frac{N'D'}{2r'\pi},$$

oder wenn man der Einfachheit wegen $r=r'$, also Röhren gleichen Querschnitts wählt:

$$d:d' = ND:N'D'.$$

Nun ist aber $N=n.v=n.\frac{p}{s}$, worin v , p , s Volum, absolutes und specifisches Gewicht der wirksamen Substanz bedeuten, n die Anzahl der Molecule in der Volumeinheit; andererseits kann man für n setzen $\frac{a}{a'}$, worin a die Atomzahl, demnach verwandelt sich die obige Proportion in:

$$d:d' = \frac{Dp}{a} : \frac{D'p'}{a'} \text{ oder: 1) } D:D' = \frac{ad}{p} : \frac{a'd'}{p'}$$

für $a=a'$ wird daraus: 2) $D:D' = \frac{d}{p} : \frac{d'}{p'}$, eine Formel, deren man sich bedienen kann, um das moleculare Drehungsvermögen derselben Substanz in verschiedenen Temperaturverhältnissen und chemischen Zuständen der Auflösung und Verbindung zu bestimmen. Wählt man p und p' so, dafs $\frac{a}{p} = \frac{a'}{p'}$, so hat man 3) $D:D' = d:d'$; dann giebt

also

also das Verhältniß der abgelesenen Drehungen genau das Verhältniß der Drehungsvermögen in den zum Vergleichspunkte gewählten Normalzuständen.

Um den Zusammenhang dieser Formeln mit denen des Hrn. Biot zu zeigen, gehe ich auf die obige: $d = \frac{ND}{2r\pi}$ zurück; für $2r\pi$ kann man setzen $\frac{V}{l} = \frac{P}{\sigma \cdot l}$, worin P das absolute, σ das specifische Gewicht der Auflösung für N , wie oben gezeigt: $n\sigma = \frac{P}{a}$ mithin:

$$d = \frac{pDl\sigma}{Pa}, \quad \frac{D}{a} = \frac{d}{\epsilon \cdot \sigma \cdot l} \text{ worin } \epsilon = \frac{p}{P}.$$

Diefs ist die Formel, welche Hr. Biot anwendet, darnach die von ihm mit (α) bezeichnete Gröfse $= \frac{D}{a}$, $D = a \cdot (\alpha)$, wie oben bereits erwähnt wurde.

Die Löslichkeits-Verhältnisse, so wie Mangel an Substanz haben es mir nicht immer gestattet, den Atomgewichten proportionale Mengen für die Beobachtung zu wählen. In solchen Fällen habe ich mich der Formel 1) zur Berechnung bedient, welche freilich nur unter der Voraussetzung ein in die allgemeine Reihe passendes Resultat giebt, daß das moleculare Drehungsvermögen der untersuchten Substanz von der veränderlichen Menge des Lösungsmittels wenig oder gar nicht abhängig sey. Die Unzulässigkeit dieser Annahme für Weinsteinsäure ist durch Hrn. Biot erwiesen; für die meisten Substanzen scheint sie, wenigstens in den hier in Rede stehenden Gränzen, gemacht werden zu dürfen. Die nahe Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit denen des Hrn. Biot ergibt sich aus folgenden Zahlen:

für Zucker: $\frac{D^r}{a} = (\alpha)_r = 0,552$ (Biot) (für rothes Licht).

$$\left. \begin{array}{l} 1) \frac{D^r}{a} = 0,545 \\ 2) \frac{D^r}{a} = 0,553 \\ 3) \frac{D^r}{a} = 0,545 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{aus meinen Versuchen} \\ \text{nach der Formel: } \frac{D^r}{a} = \frac{d^r}{\epsilon \cdot \sigma \cdot l} \end{array}$$

das Mittel: $m = 0,548$.

Die kleine Differenz hat wahrscheinlich ihren Grund in der geringen Reinheit des von mir angewandten Zuckers. Um eine Grundlage für die Vergleichung zu gewinnen, habe ich das moleculare Drehungsvermögen des Zuckers = 100 gesetzt und darauf alle anderen Körper bezogen. Die so erhaltenen Werthe finden sich auf der beigegebenen Tabelle zusammengestellt.

Außerdem habe ich noch eine Reihe von Beobachtungen mit ätherischen Oelen angestellt. Die gefundenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit den Biot'schen überein; auch scheint mir ihre Mittheilung schon deshalb ohne Interesse, weil die Zusammensetzung der Oele oder vielmehr der Oelgemische, mit denen man arbeitet, so sehr schwankend ist, und daher stets von einander abweichende Drehungswerthe erhalten werden. Ich will daher nur folgende Beobachtungen als neu anführen:

<i>Ol. Succini albiss.</i>	150 ^{mm}	— 12°	weiss. Licht
<i>Ol. Ricini</i>	-	+ 6°	weiss. Licht
<i>Ol. Crotonis</i>	-	+ 8°	roth. Licht
<i>Balsamus Copaivae</i>	39 ^{mm}	— 4°,5	weiss. Licht.

Letzteres ist wahrscheinlich nur in Folge seines Oelgehaltes wirksam; wenigstens drehen die harzigen Rückstände des Lavendel- und Terpentin-Oels die Polarisationssebene nicht, ebenso wenig die alkoholische Auflösung anderer Harze, und wo man eine Drehung findet (bei *Sandarac*, *Elemi*, *Mastix*) ist dieselbe, leicht nachweislich, ebenfalls Folge des Oelgehaltes.

Eine sehr große Menge chemischer Verbindungen fand sich, wenigstens in den mir zu Gebote stehenden Quantitäten, auch bei Anwendung eines größeren Apparats mit 400^{mm} langer Röhre durchaus unwirksam. Ich führe nur Thein und Caffein an, zur Widerlegung der Ansicht, als käme das Vermögen, die Polarisationssebene des Lichts zu drehen, hauptsächlich den stickstoffreichen Substanzen zu.

Name der Substanz.	Gelöste Gewichts- menge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung. weiß, Licht	roth, Licht.	Atomge- wicht.	Moleculares Dre- hungsvermögen.
Rohrzucker	4309 ^{mgr}	Wasser	+ 32°,5	+ 25°	2154,5	+ 100 weiß, L.
Nicotin	1301	Alkohol	- 16			
» mit Salzsäure	500	»	+ 1 (?)			
Santonin	1849	»	- 9	6,7	3005	- 332,3 weiß, L.
Haematoxylin	2000	»		+ 13,5		
Jalappin	6000	»		- 7		
Campher	2377	»	+ 31	+ 22	963,8	+ 30,7 weiß, L.
Phloridzin	{ 1782	»	- 11	- 8,7	2082,5	- 59,2 weiß, L.
Chinin	{ 891	»	- 24	- 20	2055,5	- 174 weiß, L.
» mit Salpetersäure	»	»	- 12,5	- 9,65		
» mit Phosphorsäure	»	»	- 17			
Schwefelsaures Chinin	1000	»	- 15	- 16,7	241,4	- 213
Valeriansaures Chinin	»	Wasser mit S	- 24,5	- 13		
Salzaures Chinin	500	Alkohol	- 16			
Cinchonin	454	»	- 10			
» mit Oxalsäure	494	»	+ 12		1942	+ 315,8
» mit Phosphorsäure	952	»	+ 12,5			+ 302
» mit Salpetersäure	930	»	+ 23,5			+ 295
»	465	»	+ 20			+ 257
»	374	»	+ 10			
Chinidin	»	»	+ 9,5	+ 8		
» mit Salpetersäure	»	»	+ 9,75			
» mit Phosphorsäure	»	»	+ 10			
» mit Salzsäure	»	»	+ 10			
» mit Schwefelsäure	»	»	+ 11,5			

Name der Substanz.	Gelöste Gewichts- menge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung. weiß. Licht. roth. Licht.	Atomge- wicht.	Moleculares Dre- hungsvermögen.
Brucin	984 ^{mgr}	Alkohol	— 8°	3448	— 172,5 weiß. L.
» mit Phosphorsäure	»	»	0		
Narcotin mit Schwefelsäure	936	Wasser	+ 5,5	4684	+ 169
Essigsaures Morphin.	490	»	— 4		
Salzsaures Codein	578	»	— 5		
Ol. cubebar. aeth.	7460	Alkohol	— 33,5		
Ol. Valerian. aeth.	7480	Aether	— 15,5		
Balsamus Copaiuae	7560	Aether mit Alkohol	— 11,5		

IV. *Beiträge zur Conchyliometrie;*
 von J. H. T. Müller.

Director des Realgymnasiums zu Wiesbaden.

Die von den DDr. G. und F. Sandberger angestellten Untersuchungen über die *Goniatiten* des Rheinischen Schichtensystems (s. der Verf. Systematische Beschreibung und Abbildung der Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau. Wiesbaden 1850. 2. Lief.) führten bei der grossen Regelmässigkeit dieser Conchylien auf die Frage nach dem Windungsgesetze ihres Gehäuses. Zu dessen Ermittlung wurden von denselben zwei Exemplare von *Goniatites bifer* Phill. Var. *Delphinus* Sandb. und eines von *Goniatites carinatus* Beyr. sorgfältig geschliffen, so dass die erhaltene Ebene als der wahren Windungsebene sehr nahe kommend anzunehmen war. Diese drei Exemplare waren unter einer sehr grossen Anzahl der betreffenden Arten die einzigen, welche sich zum Anschleifen eigneten. Das Versteinerungsmittel derselben ist nämlich ein gefärbter, nur wenig späthiger Kalk, in welchem allein, und auch dann noch selten genug, sich die inneren Windungen deutlich erhalten haben.

Da das Windungsgesetz der *Goniatiten* bisher noch nicht untersucht worden ist, so theile ich die Ergebnisse der von mir ausgeführten Berechnung hier mit, wozu G. Sandberger die erforderlichen Messungen gemacht hat.

Dieselben sind in Ermangelung anderer Apparate mittelst eines sehr sorgfältig gearbeiteten Zirkels und eines gläsernen Metermaassstabes mit grosser Genauigkeit ausgeführt worden. Auf die Messung der Vektoren der auf einer Axe liegenden Punkte der Curve wurde, wie C. F. Naumann (Ueber die Spiralen der Conchylien Lpz. 1846) bereits gethan, verzichtet, weil der Mittelpunkt der Curve sich kaum mit Sicherheit angeben lässt und weil, selbst im günstigern Falle, durch das öftere Einsetzen der Zirkelspitze in denselben die späteren Messungen immer unsicherer ge-

worden wären. Das dort beobachtete Verfahren, blofs die Durchmesser

1 3 5 7 0 8 6 4 2

1 2, 3 4, 5 4., und ausserdem zur Controle die Windungsabstände 1 3, 2 4, 3 5, 4 6., zu messen, habe ich, weil die letzteren bald sehr klein werden und daher gröfsere Messungsfehler veranlassen, etwas abändern zu müssen geglaubt. Ich messe nämlich aufser den Durchmessern

1 2, 3 4, 5 6.,

noch die beiden Reihen von Durchmessern:

1 4, 2 5, 3 6., und 2 3, 4 5, 6 7.,

und berechne hieraus auf doppelte Weise die Windungsabstände, indem $1\ 3 = 1\ 2 - 2\ 3 = 1\ 4 - 3\ 4$ ist. Die Vergleichung beider Unterschiede, deren arithmetisches Mittel für den Windungsabstand zu nehmen ist, gewährt noch den Vortheil, dafs etwaige Versehen in den Messungen dadurch sogleich zum Vorschein kommen.

Im Uebrigen bin ich bei der Untersuchung der beiden Exemplare von *Goniatites bifer*, welche hier mit A und B bezeichnet werden sollen, der zuerst von Naumann a. a. O. angewendeten Methode gefolgt. Nach dieser wird demnächst ermittelt, ob die von ihm mit p bezeichneten Quotienten der Durchmesserdifferezenzen, nämlich:

$$\frac{12 - 34}{34 - 56}, \frac{34 - 56}{56 - 78} \dots$$

denen ich noch die folgenden

$$\frac{14 - 36}{36 - 58}, \frac{36 - 58}{58 - 710} \dots \text{ und } \frac{23 - 45}{45 - 67}, \frac{45 - 67}{67 - 89} \dots$$

zugefügt habe, nahe gleich grofs sind, und dann, mit Hülfe von p , im Mittel

$$a = \frac{1}{2}(12 - p.34) = \frac{1}{2}(34 - p.56) = \dots$$

d. i. der Parameter der Naumann'schen Konchospirale berechnet. Da sich an beiden Exemplaren a als positiv ergeben hat, so sind ferner hieraus die Radien

$$01, 02, 03, 04, 05 \dots = r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 \dots$$

mittels der Naumann'schen Formeln

$$r_{2a+1} = \frac{p^{\frac{1}{2}}(p^{\frac{1}{2}}+1).d+a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2}; \quad r_{2a+2} = \frac{(p^{\frac{1}{2}}+1).d-a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2}$$

berechnet worden, wo a die Reihe der natürlichen Zahlen von Null an und für

$$a=0, 1, 2, 3,$$

beziehungsweise d die Durchmesser

$$12, 34, 56, 78\ldots,$$

bezeichnet.

Nachdem auf diese Weise die successiven Vektoren berechnet worden, habe ich die Summen

$$r_1 + r_2, r_2 + r_3, r_3 + r_4 \ldots,$$

mit den gemessenen Durchmessern

$$12, 23, 34 \ldots,$$

und die Unterschiede

$$r_1 - r_3, r_2 - r_4, r_3 - r_5 \ldots,$$

mit den oben gefundenen Windungsabständen

$$13, 24, 35 \ldots,$$

verglichen.

Zur Entscheidung endlich, ob die Curve eine logarithmische oder eine Koncho-Spirale sey, habe ich die Näherungswerthe der Quotienten der successiven Vektoren

$$\frac{r_2}{r_1}, \frac{r_3}{r_2}, \frac{r_4}{r_3}, \frac{r_5}{r_4} \ldots,$$

gesucht, welche schärfere Resultate geben, weil diese Zahlen einander näher stehen, als bei den Quotienten der auf einerlei Seite vom Mittelpunkte liegenden Radien:

$$\frac{r_2}{r_1}, \frac{r_4}{r_2}, \frac{r_5}{r_3} \ldots,$$

Je nachdem dann diese Quotienten einander gleich oder ungleich sind, ist die fragliche Curve eine logarithmische, oder eine Koncho-Spirale.

Nach dieser kurzen Andeutung des Ganges der Rechnung, für Diejenigen, denen die schöne Naumann'sche Abhandlung vielleicht nicht augenblicklich zur Hand ist, lasse ich die Berechnung von *Goniatites bifer* A und B hier folgen, welcher je zwei Messungen auf zwei auf einander senkrechten Axen x und y zu Grunde liegen.

Es sind gemessen worden an

<i>A.</i>		Goniatites bifer.	<i>B.</i>	
auf <i>x.</i>	auf <i>y.</i>	die Durch- messer.	auf <i>x.</i>	auf <i>y.</i>
28,8	25,4	1 2	19,7	17,5
18,5	16,5	3 4	12,5	11,1
12,0	10,5	5 6	7,8	6,9
7,1	6,1	7 8	4,5	3,8
3,9	3,0	9 10		
24,2	21,7	1 4	16,4	14,7
15,6	14,0	3 6	10,5	9,3
9,8	8,6	5 8	6,4	5,7
5,5	5,0	7 10		
23,0	20,1	2 3	15,6	13,9
15,0	13,4	4 5	10,0	8,6
9,4	8,0	6 7	5,9	5,1
5,1	4,4	8 9		

Bildet man von den Zahlen jedes Feldes die erste Differenzreihe und berechnet die Näherungswerthe der Quotienten der auf einander folgenden Glieder einer jeden dieser Reihen, so geben diese, für das eine wie für das andere Exemplar mit nur wenigen, für derartige Messungen unbedeutenden, Abweichungen, den constanten Werth von $\frac{3}{2}$ für *p*.

Mit Hülfe von *p* sind jetzt aus den successiven Durchmessern nach der oben angegebenen Weise die verschiedenen Werthe des Parameters *a* berechnet worden, welche sämmtlich positiv waren. Das arithmetische Mittel hiervon giebt:

für *Goniat. bif. A*, $a=0,52$;

für *Goniat. bif. B*, $a=0,48$.

Den aus *a* und *p* und den gemessenen Stücken berechneten Vektoren füge ich noch zur Vergleichung die Werthe der Durchmesser bei, wie sie die Summirung je zweier auf einander folgenden Vektoren und wie sie die unmittelbare Messung giebt.

Goniatit. bif. A.

Auf der Axe x.			Auf der Axe y.		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
15,96			14,08		
	28,8	28,8		25,4	25,4
12,84			11,31		
	23,1	23,0		20,5	20,1
10,29			9,19		
	18,5	18,5		16,5	16,5
8,21			7,31		
	14,9	15,0		13,2	13,4
6,71			5,88		
	12,0	12,0		10,5	10,5
5,29			4,62		
	9,3	9,4		8,1	8,0
4,01			3,46		
	7,1	7,1		6,1	6,1
3,09			2,64		
	5,3	5,1		4,4	4,4
2,25			1,76		
	3,9	3,9		3,0	3,0
1,65			1,24		

Goniatit. bif. B.

Auf der Axe x.			Auf der Axe y.		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
10,94			9,73		
	19,7	19,7		17,5	17,5
8,76			7,77		
	15,7	15,6		14,0	13,9
6,98			6,21		
	12,5	12,5		11,1	11,1
5,52			4,89		
	9,9	10,0		8,8	8,6
4,39			3,89		
	7,8	7,8		6,9	6,9
3,41			3,00		
	6,0	5,9		5,2	5,1
2,57			2,19		
	4,5	4,5		3,8	3,8
1,92			1,61		

Die Vergleichung der Windungsabstände, wie sie sich aus den Vektorenunterschieden und aus den gemessenen Diametern ergeben, habe ich zur Raumersparniss wegge-lassen.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dafs die Resultate der Rechnung mit den Messungen überraschend genau übereinstimmen. Die etwas gröfseren Abweichungen in *Gon. bif. A* auf der Axe *y* haben ihren Grund in der Beschaffenheit des Konchyls, welches dort etwas undeutlich war.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, ob die Curven dieser Goniatiten Koncho- oder logarithmische Spiralen seyen, d. h. ob die Quotienten der successiven Vektoren constant oder veränderlich seyen.

In der folgenden Tabelle sind die Näherungswerthe dieser Quotienten zur Erleichterung der Uebersicht dicht neben einander gestellt worden.

Goniat. bif. <i>A</i> .				Goniat. bif. <i>B</i> .			
Vectoren auf <i>x</i> .	Quotienten der Vectoren.		Vectoren auf <i>y</i> .	Vectoren auf <i>x</i> .	Quotienten der Vectoren.		Vectoren auf <i>y</i> .
15,96			14,08				
12,84	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	11,31	10,94	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	9,73
10,29	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	9,19	8,76	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	7,77
8,21	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	7,31	6,98	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	6,21
6,71	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	5,88	5,52	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	4,89
5,29	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	4,62	4,39	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	3,89
4,01	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	3,46	3,41	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	3,00
3,09	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	2,64	2,57	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	2,19
2,25	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1,76	1,92	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1,61
1,65			1,24				

Aus dem Bisherigen ergibt sich Folgendes:

1. In *beiden* Exemplaren von *Goniatis bifer* ist der Windungsquotient p übereinstimmend $= \frac{3}{7}$.
2. Die Werthe der beiden Parameter 0,52 und 0,48 weichen nur um 0,04 von einander ab und sind daher nahezu ebenfalls einander gleich.
3. Die Näherungswerthe der Vektorenquotienten stimmen mit zwei Ausnahmen auf der Axe y in A , welche keine so exacten Messungen zuliefs; nicht nur unter sich völlig überein, sondern sie sind auch, wie alles Uebrige, in *beiden* Exemplaren genau dieselben.
4. Auch ist bemerkenswerth, dafs die Vektoren

auf x und y in B

von den Vektoren

auf y und x in A

auffallend wenig abweichen.

5. Da in beiden Exemplaren die Vektorenquotienten constant erst $\frac{4}{3}$ und dann $\frac{3}{4}$ sind, so ist anzunehmen, dafs die Windungscurve von *Goniatis bifer* aus *zwei logarithmischen Spiralen* mit den Exponenten $\frac{4}{3}$ und $\frac{3}{4}$ besteht.

Dadurch, dafs die Curve aus zwei Spiralen besteht, wird man jetzt veranlafst, die verschiedenen Werthe von a in zwei Gruppen zu theilen und von jeder einzeln das arithmetische Mittel zu nehmen. Dann zeigt sich in diesen Mitteln wiederum eine grofse Uebereinstimmung der beiden Parameter für A und B . Hiefür die Rechnung nochmals vorzunehmen, fehlt es mir in diesem Augenblicke an Zeit.

Goniatites curinatus.

An dem Exemplare dieses Konchylys sind die Durchmesser auf *vier* Axen gemessen worden, welche einander unter halben rechten Winkeln schnitten. Das erste Paar der auf einander senkrechten Axen bezeichne ich mit x' und y' , das andere Paar mit x'' und y'' .

Der erste Näherungswerth von p ergab sich für alle vier Axen mit großer Uebereinstimmung $= \frac{5}{2}$. Als ich aber hieraus a bestimmen wollte, zeigte es sich, daß der Werth hiervon *überall negativ* war. Ich mußte daher das bisherige Verfahren aufgeben und mir einen anderen Weg suchen, den ich hier vorweg anzugeben habe.

Da der eben behandelte Goniatit auf eine logarithmische Spirale geführt hatte, so lag die Vermuthung nahe, daß auch der *G. curinatus* nach diesem Gesetze gewunden seyn werde. Ich ging daher von dieser Voraussetzung aus, berechnete darnach die Vektoren und zwar auf drei verschiedene Weisen, weil in den erhaltenen Ausdrücken die unvermeidlichen Messungsfehler von bedeutenderem Einflusse auf die Resultate sind, nahm hievon die mittleren Werthe und berechnete zuletzt aus diesen näherungsweise die Quotienten der successiven Vektoren jeder Axe.

$$\begin{array}{cccccccc} & 1 & 3 & 5 & 7 & 0 & 8 & 6 & 4 & 2 \end{array}$$

Wird die vorige Bezeichnungsweise beibehalten, so erhält man als Grundgleichungen

$$\begin{aligned} r_1 + r_2 &= 12; & r_1 r_3 &= r_2 r_2 \\ r_2 + r_3 &= 23; & r_2 r_4 &= r_3 r_3 \\ &: & : & : : : : \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich dann folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{(12)^2}{12 + 23} \\ r_2 &= \frac{(23)^2}{23 + 34} = \frac{12 \cdot 23}{12 + 23} \\ r_3 &= \frac{(34)^2}{34 + 45} = \frac{23 \cdot 34}{23 + 34} = \frac{(23)^2}{12 + 23} \\ &: & : & : & : \end{aligned}$$

Außerdem ist noch

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{(23)^3}{(23 + 34) \cdot 34} = 14 - r_4 \\ r_2 &= \frac{(34)^3}{(34 + 45) \cdot 45} \end{aligned}$$

Die aus den letztern Gleichungen für r_1, r_2 erhaltenen Werthe sind in der Tabelle eingeklammert. Auch bezeich-

net r_4 hier den mittleren Werth aus den drei berechneten Werthen.

Gemessene Diameter.

		Durchmesser auf der Axe.			
		x' .	y' .	x'' .	y'' .
1 2		25,6	20,5	22,5	18,2
3 4		10,6	8,4	9,4	7,8
5 6		4,6	3,8	4,2	3,5
7 8		2,1	1,9	2,1	1,8
9 10		1,0	1,0	1,0	0,9
1 4		20,0	15,9	17,6	14,2
3 6		8,2	6,8	7,3	6,1
5 8		3,6	3,1	3,3	2,8
7 10		1,6	1,6	1,6	1,5
2 3		16,2	13,1	14,3	11,9
4 5		6,9	5,6	6,2	5,0
6 7		3,1	2,7	3,0	2,4
8 9		1,5	1,5	1,6	1,3

Für die Axen x' und y' mögen hier zur Vergleichung die drei für jeden Vector berechneten Werthe Platz finden; für die drei übrigen Axen dagegen sollen bloß die Mittelwerthe angegeben werden.

	für x' .			für y' .		
r_1	15,67	(14,97)	(15,83)	12,59	(12,45)	(12,54)
r_2	9,79	9,90	(9,87)	7,98	7,99	(7,56)
r_3	6,42	6,41	6,28	5,04	5,12	5,11
r_4	4,14	4,18	4,18	3,34	3,36	3,28
r_5	2,75	2,76	2,72	2,22	2,26	2,24
r_6	1,85	1,85	1,84	1,58	1,58	1,54
r_7	1,22	1,25	1,25	1,06	1,11	1,12
r_8	0,90	0,88	0,85	0,90	0,84	0,79
r_9		0,60	0,62		0,60	0,66

Die erhaltenen mittleren Werthe für die Vektoren geben auf dem ersten Axenpaare:

Auf x' .			Auf y' .		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser.	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
15,49			12,53		
	25,3	25,6		20,4	20,5
9,85			7,84		
	16,2	16,2		12,9	13,1
6,37			5,09		
	10,5	10,6		8,4	8,4
4,17			3,33		
	6,9	6,9		5,6	5,6
2,74			2,24		
	4,6	4,6		3,8	3,8
1,85			1,57		
	3,1	3,1		2,7	2,7
1,24			1,10		
	2,1	2,1		1,9	1,9
0,88			0,84		
	1,5	1,6		1,5	1,5
0,61			0,63		
	1,0	1,0		1,0	1,0
0,40			0,40		

Auf dem zweiten Axenpaare:

Auf x'' .			Auf y'' .		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
13,59			11,04		
	22,2	22,5		18,3	18,2
8,65			7,27		
	14,3	14,3		12,0	11,9
5,66			4,72		
	9,4	9,4		7,8	7,8
3,71			3,03		
	6,2	6,2		5,1	5,0
2,47			2,03		
	4,2	4,2		3,4	3,5
1,76			1,41		
	3,0	3,0		2,4	2,4
1,20			1,02		
	2,2	2,1		1,8	1,8
0,96			0,76		
	1,6	1,6		1,3	1,3
0,61			0,54		
	1,0	1,0		0,9	0,9
0,38			0,37		

Berechnet man endlich näherungsweise die Quotienten der successiven Vektoren auf jeder der vier Axen, so erhält man Folgendes:

Auf der Axe.	$\frac{r_2}{r_1}$	$\frac{r_3}{r_2}$	$\frac{r_4}{r_3}$	$\frac{r_5}{r_4}$	$\frac{r_6}{r_5}$	$\frac{r_7}{r_6}$	$\frac{r_8}{r_7}$	$\frac{r_9}{r_8}$	$\frac{r_{10}}{r_9}$
x'	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$
y'	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$
x''	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$
y''	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$

Hieraus ergibt sich für das gemessene Exemplar von *Goniatites curinatus* Folgendes:

1. Der Näherungswerth des Quotienten p ist auf allen vier Axen übereinstimmend $= \frac{3}{2}$, während a durchgängig negativ erscheint.
2. Die mittleren Werthe der auf dreifache Weise berechneten Vektoren geben, wenn man je zwei aufeinander folgende addirt, die Durchmesser der Curve mit den durch Messung gefundenen sehr genau übereinstimmend.
3. Die Näherungswerthe der Quotienten der successiven Vektoren sind auf *allen vier Axen* von r_1 bis zu r_6 *durchgängig* und von r_6 bis zu r_{10} *vorherrschend* $= \frac{3}{2}$, so dafs man zu der Annahme berechtigt ist, dafs die Windungcurve von *Goni. curinat.* ebenfalls zu den *logarithmischen Spiralen* gehöre.

Zu (3) bemerke ich noch, dafs, wenn auf der Axe y'' die beiden Näherungswerthe $\frac{3}{4}$ durch $\frac{2}{3}$ ersetzt werden, diese letztern Werthe dem wahren Quotienten ebenfalls sehr nahe gleich sind, dafs daher von r_1 an auf x' bis zu r_8 auf x' die Curve sicher *eine* logarithmische Spirale ist. Ob sie später, wie dies bei *Goni. bif.* der Fall war, in eine andere solche Spirale übergehe, läfst sich bei der Schwierigkeit einer genauen Messung der letzten sehr klei-

nen Abstände zur Zeit nicht mit Gewißheit behaupten, mit Wahrscheinlichkeit aber, wegen der Beständigkeit von p , so weit die Messungen noch irgend sicher waren, kaum erwarten.

—♦—

V. *Vielfache Resonanz, optische Phänomene durch schwingende Körper und Theorie des Violinbogens; von Hrn. J. Antoine.*

(Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXVII., p. 191.)

Hr. Duhamel hat kürzlich eine neue und sinnreiche Theorie über die vielfache Resonanz tönender Körper veröffentlicht. Ich weiß nicht, weshalb er glaubt, daß man ihm keine Gerechtigkeit widerfahren lasse; der gelehrte Akademiker täuscht sich in dieser Beziehung. Die Physiker werden ihm gerecht seyn, ungeachtet er geringschätzig voraussetzt, sie seyen seit den Zeiten des Pater Mersenne nicht vorgedrückt, und ungeachtet diese des Glaubens sind, sie hätten seit langer Zeit eine richtige, einfache und directe Theorie der vielfachen Resonanz.

Ich bedaure, daß Hr. Duhamel geglaubt hat, sich bei Schilderung des Zustands der Wissenschaft sehr kurz fassen zu müssen. Nur mit Besorgniß trete ich statt seiner in einer schwierigen Materie auf, die er seit vielen Jahren studirt hat; deßungeachtet wage ich es einen historischen Abriss zu geben, um die gegenwärtige Lage der Aufgabe besser übersehen zu lassen.

Die Erscheinung der vielfachen Resonanz ist sehr lange bekannt, da schon Aristoteles fragt, aus welchem Grunde die tiefen Töne höhere einschließen. Mersenne ist jedoch der erste Physiker, der sie einer Experimental-Untersuchung unterworfen hat.

Die-

Dieser sinnreiche Beobachter ordnete die verschiedenen hohen Töne, welche den Grundton einer Saite begleiten und er fand bei Saiten von verschiedener Natur, Spannung und Dimension dieselbe Reihe. Die supplementären Töne, die er unter günstigen Umständen unterscheiden konnte, sind: der achte, der zwölfte, der funfzehnte, der große siebzehnte, der neunzehnte und der zwei und zwanzigste. Mit einiger Geschicklichkeit im Experimentiren ist es leicht die Reihe noch über diese Gränze hinaus auszu dehnen. Mersenne klassificirte auch die Töne, welche bei der vielfachen Resonanz von Glocken auftreten, sowie die noch wunderbarere, die zuweilen gleichzeitig bei Orgelpfeifen zum Vorschein kommen.

Bei Aufsuchung der Ursache dieser Vervielfältigung der Töne stellte Mersenne einen Versuch an, der ihm hätte dieselbe entdecken lassen können, allein sein Scharfsinn gerieth auf Abwege und die Wahrheit entging ihm. Er untersuchte die Schwingungen einer langen Saite und da er keine Abtheilung eintreten sah, schloß er, die Saiten theilten sich nicht bei Entstehung der gleichzeitigen harmonischen Töne, und von nun an suchte er die Erklärung des Phänomens dort, wo sie nicht ist.

Die Theorie der vielfachen Resonanz machte erst Fortschritte, als die Experimental-Analyse die Ursache jener Vervielfältigung von Tönen aufgedeckt hatte, die man isolirt aus einem selben tönenden Körper ziehen kann. Seit langer Zeit wußte man der Trompete eine beträchtliche Reihe successiver Töne zu entlocken; Mersenne klassificirte sie richtig und verglich sie mit den verschiedenen Tönen, die eine und dieselbe Orgelpfeife geben kann; allein er konnte nicht die Ursache derselben entdecken. Die Schwierigkeit war groß, auch wurde sie nicht zuerst bei Luftsäulen, sondern bei schwingenden Saiten überwunden.

Im J. 1673 machten William Noble und Thomas Pigot den niedlichen Versuch, bei welchem kleine Papierstücke, die man auf einer Saite gleichsam reiten läßt, an gewissen Stellen in Ruhe bleiben, während sie an anderen

abgeworfen werden. Wallis fand die Thatsache so merkwürdig und neu, daß er glaubte ihr einen Platz in seinem Lehrbuche der Algebra geben zu müssen. Aus den Versuchen von Noble und Pigot geht deutlich hervor, daß eine und dieselbe Saite neben ihrem Grundton isolirt verschiedene harmonische Töne geben kann, und daß sie sich dazu in aliquote Stücke theilt, die, getrennt durch unbewegliche Punkte oder Knoten, abwechselnd in entgegengesetztem Sinne schwingen.

Nachdem hiedurch für den besonderen Fall von schwingenden Saiten die Ursache der Erscheinung deutlich nachgewiesen worden, war sie noch zu verallgemeinern. Daniel Bernoulli behandelte durch sinnreiche Versuche den vielleicht schwierigsten Fall der Blase-Instrumente und später unterwarf man auch nach und nach alle möglichen Fälle dem Versuch, somit beweisend, daß ein tönender Körper eine bedeutende Reihe sehr verschiedener Töne geben kann, und daß er für jeden derselben in ein System von schwingenden Theilen und Knotenflächen zerfällt.

Es wäre nun vielleicht zweckmäßig zu untersuchen, welche Verknüpfung stattfindet zwischen der vielfachen Resonanz und der Ursache der verschiedenen Töne, die successiv von einem Körper gegeben werden. Indefs glaube ich wegen des Gebrauchs, den ich davon machen werde, einige Worte über die Methoden sagen zu müssen, welche die Physiker erdacht haben, um einem selben Körper eine verschiedenartige Reihe isolirter Töne zu entlocken.

Als Noble und Pigot ihren kapitalen Versuch machten, kannte man nur ein einziges regelmäßiges Mittel, einer Saite successiv ihre harmonischen Töne zu entlocken. Man berührte sie nicht, man strich sie nicht direct mit dem Bogen, sondern man erregte in einigem Abstand den verlangten harmonischen Ton, und sogleich setzte sich die Saite in Schwingungen, bildete Knoten und wiederholte diesen Ton. Diese Mittheilung der Bewegung durch die Luft und die Stege der Saite, oder, wie man damals sagte, diese Mittheilung der Töne durch Sympathie, wurde von

Fracastoro entdeckt. Mersenne untersuchte sie sorgfältig und fand, daß die verschiedenen harmonischen Töne des Grundtons die passendsten sind, um durch Sympathie eine Saite in Schwingungen zu versetzen; er bemerkte auch, daß die Quinte, Quarte, große Terz und andere Consonanzen noch schwache Vibrationen erzeugen, sobald die Saite vollkommen lang und auf ein zweckmäßiges Instrument aufgezogen ist. Der folgende Fall ist vielleicht des Erwähnens nicht ganz unwerth. Man spannt zwei Saiten auf ein Sonometer und bringt sie so nahe in Einklang, daß sie, bei gleichzeitigem Schwingen, Schläge geben. Setzt man nun die eine direct in Schwingung, so erleidet die andere, nicht berührte Saite sehr sichtbare Erzitterungen, und bald darauf läßt sie Schläge hören. Dieser Versuch zeigt die Unvollkommenheit einer der Verfahrensarten, welche man zum Stimmen von Instrumenten angiebt.

Um einer Saite successive die Reihe ihrer harmonischen Töne zu entlocken, erdachte Sauveur später eine zweite Methode, die bequemer und vor allem fruchtbarer ist als die erste. Wie bei dem älteren Verfahren berührte er die Saite nicht und ließ neben ihr den zu erregenden harmonischen Ton erklingen, allein er brachte diesen ersteren erzeugenden Ton dadurch hervor, daß er die eigene Verlängerung der Saite erschütterte. Die Zahl der auf diese Weise erhaltenen harmonischen Töne ist gewissermaßen unbegrenzt, aber freilich sind die höheren Töne nicht so gut charakterisirt als die tieferen. Bei einer Saite von einem Meter bestimmte Sauveur dafsungeachtet 32, und er konnte sogar 128 vernehmen. Die Sauveur'sche Methode steht in dieser Beziehung weit über der früheren.

Sauveur hat nicht versucht, ob es möglich sey, die Unterabtheilungen der Saite durch directes Streichen mit dem Bogen hervorzubringen. Man kann dahin gelangen, obwohl die Ausführung einige Schwierigkeiten darbietet. Streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, vermeidet aber dabei, ihr die Bewegung im Ganzen einzuprä-

gen, welche den Grundton hervorruft, so vernimmt man anfangs nur ein kreischendes, sehr unangenehmes Knirschen. Diese, von Wallis als schon bekannt bezeichnete Thatsache, entsteht auch, wie Wallis bemerkt, wenn man den Bogen über einen der den aliquoten Theilungen entsprechenden Punkte hinwegführt, mit dem Umstande jedoch, daß der Ton in dem Maasse weniger unangenehm wird, als die Abtheilungen zahlreicher werden.

Man muß jedoch nicht glauben, daß das von Wallis erwähnte Phänomen immer zutrifft. Denn streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, indem man dabei Geschwindigkeit und Druck abändert, so erhält man nach einigen Versuchen zuletzt einen hohen Ton von großer Reinheit. Sobald dieser Ton voll ist, kann man ihn leicht so lange wie man will unterhalten, selbst wenn man den Druck des Bogens bedeutend erhöht. Auf diese Weise kann man einer Saite die ungeraden harmonischen Töne entlocken.

Leicht ist es bei diesen Versuchen die Bildung und die Lage der Knoten zu erkennen. Giebt die Saite z. B. den 19^{ten} harmonischen Ton, und beobachtet man bei hellem Tageslicht, so erblickt man neunzehn unter sich gleiche Spindeln hinter einander liegen. Die Punkte, wo diese Spindeln sich vereinigen, scheinen unbeweglich zu seyn; berührt man sie sanft mit dem Finger, so ändert man nicht den vom Bogen hervorgerufenen Ton, man verspürt kein Zittern und erhält den Ton unausgesetzt.

Man kann auch das Daseyn der neunzehn schwingenden Stücke nachweisen, wenn man den Bogen successive auf jedes derselben hinführt; der Ton wird dadurch nicht geändert. Kommt man mit dem Bogen einem der Knoten zu nahe, so verschwindet sogleich der harmonische Ton und wird gemeinlich durch den Grundton ersetzt.

Um die Lage der Knoten zu erkennen, bediene man sich, statt leichte Körper auf der Saite reiten zu lassen, kleiner in der Mitte durchbohrter Papierscheiben oder besser Drahtringe, damit diese Körper nicht abgeworfen wer-

den, wenn die Hervorrufung des harmonischen Tons durch den Bogen nicht beim ersten Strich gelingt.

Die ungeraden Abtheilungen sind nicht die einzigen, welche man durch directe Erschütterung der Saite mit dem Bogen hervorbringen kann. Man erhält auch die geraden Abtheilungen, wenn man in gehöriger Entfernung von den Knoten, welche man bilden will, den Bogen geschickt hinführt. Man erleichtert das Gelingen des Versuchs, wenn man nur auf einem Augenblick einen der Knoten berührt.

Die eben angedeutete Methode kann auch dazu dienen, um in dem Concert von harmonischen Tönen, die für gewöhnlich den Grundton begleiten, gewisse Töne gewaltsam hervortreten zu lassen oder zu unterdrücken.

Nach dieser vielleicht zu langen Abschweifung kehre ich zur Hauptaufgabe zurück. Nachdem die Ursache der successiven Töne, die ein Körper geben kann, durch den Versuch nachgewiesen worden, folgte natürlich die Erklärung der vielfachen Resonanz, eine Erklärung, die dem Pater Mersenne so große Schwierigkeiten machte. In der That ist leicht zu begreifen, daß wenn verschiedene Schwingungsarten, die in einem Körper isolirt stattfinden können, sich gleichzeitig einstellen, eine jede den ihr zukommenden Ton hören lassen wird. Hr. Biot hat diese Theorie mit Eleganz entwickelt und seitdem sieht man sie in physikalischen Werken wiederholt. Ich weiß nicht, weshalb Hr. Duhamel geglaubt hat, ihrer nicht einmal erwähnen zu müssen.

Die Richtigkeit der allgemein angenommenen Theorie von der vielfachen Resonanz wird gewissermaßen augenfällig bestätigt bei dem Phänomen der vielfachen Saiten und Stäbe, welches man vernimmt, wenn man mehrere Töne zugleich ansprechen läßt. Um zu zeigen, welcher ergänzender Beweis in diesem Phänomene liege, braucht man seine Aufmerksamkeit nur auf die Thatsachen zu richten.

Wenn ein in A befestigter Stab AB (Fig. 12. Taf. IV des Bandes LXXX) um seine Gleichgewichtslage AB zwischen den Gränzlagen AC und AD schwingt, in einer Am-

plitude, welche seine Dicke übertrifft, so sieht man zwei vollkommen deutliche und wie an den Orten AC und AD unbewegliche Bilder des Stabes. Der Stab durchläuft jede intermediäre Lage sehr rasch und kommt in den äußersten Lagen AB und AD mit Geschwindigkeiten an, die sich annulliren und darauf in unmerklichen Graden wieder entstehen. Die Bilder, welche der Stab auf der Netzhaut hervorruft, wenn er sich in den den kleinsten Geschwindigkeiten benachbarten Lagen befindet, da, wo er eine verhältnißmäßig ziemlich lange Zeit fast unbeweglich ist, müssen lebhafter seyn als die in den übrigen Lagen und daher die beobachtete Erscheinung. Auch nähern sich die beiden deutlich sichtbaren Bilder des Stabes nach und nach in dem Maasse als die Amplitude der Schwingungen abnimmt.

Ist der Stab zugleich mit einer schwingenden und einer fortschreitenden Bewegung begabt, so wird man, statt zwei Bilder, eine sehr bedeutende Anzahl von Bildern sehen können, die auf dem ganzen Wege, welche die fortschreitende Bewegung den Stab durchlaufen läßt, regelmäßig vertheilt sind. Hält man z. B. ein Messer in der Mitte, schlägt mit seinem Ende auf einen festen Gegenstand und läßt es frei aufspringen und vibriren, so gewahrt man zehn, zwanzig, dreißig Messer regelmäßig vertheilt vor dem Gegenstande. Schlägt man einen Gegenstand mit einem Violinbogen, so erblickt man mehrere Bilder des Bogens, die jedes vollkommen und sehr deutlich alle Theile des Bogens darstellen.

Diese vielfachen Bilder erklären sich leicht. Gesetzt ein Stab AB (Fig. 13. Taf. IV Bd. LXXX) sey nach AC abgelenkt, darauf sich selbst überlassen und zugleich einer Fortbewegung ausgesetzt, die den Punkt A längs der Linie AM wegführt. Nehmen wir auf AM Längen AA' , $A'A''$, $A''A'''$... die von dem Punkt A in der Zeit durchlaufen werden, in welcher eine einfache Schwingung vollendet wird. Sobald der Punkt A in A' ist, wird der Stab in $A'D'$ seyn, am Ende seiner ersten einfachen Schwingung,

ebenso wird der Stab seine zweite, dritte, Schwingung in den Lagen $A'C'$, $A'''D'$, vollenden. Diese Lagen sind denen sehr nahe, welche den Minimis der Geschwindigkeit entsprechen; die übrigen Lagen werden sehr rasch durchlaufen, und deshalb sieht man in den Lagen AC , $A'D$, $A''C'$, $A'''D'$... die Bilder des Stabes deutlich. Man wird sie bei angemessener Fortbewegung gleichzeitig sehen.

Die schwingenden Saiten bieten uns analoge Erscheinungen dar. Gesetzt die erschütterte Saite gebe ihren Grundton kräftig und ihre harmonischen Töne nur schwach. Alsdann sieht man zwei sehr deutliche Bilder in den äußersten Lagen AmB , $Am'B$ (Fig. 14. Taf. IV. Bd. LXXX), und zwar an den Orten, wo die Geschwindigkeit der Saite Null ist oder sehr klein gegen die, mit welcher sie die intermediären Lagen durchläuft.

Streicht man mit dem Bogen so, daß man nur die Octave des Grundtons hervorruft, so sieht man zwei gleiche Spindeln hinter einander, von denen jede zwei Bilder von der Saite in den Lagen giebt, wo ihre Geschwindigkeit sich annullirt, also in AnM , $An'M$, MpB , $Mp'B$ (Fig. 15. Taf. IV. Bd. LXXX). Diese Erscheinungen sind unmittelbare Folgen des Zerfallens der Saite in zwei für sich schwingende Stücke.

Entlockt man einer Saite den Grundton und zugleich dessen Octave, so, daß diese beiden Töne sehr kräftig sind gegen die übrigen harmonischen Töne, die wir als sehr schwach annehmen, so sieht man vier Bilder von der Saite, gelagert wie die Figur es andeutet. Nach der allgemein angenommenen Erklärung der vielfachen Resonanz beim Schwingen der ganzen Saite, schwingen die beiden Hälften für sich, und nehmen dabei entgegengesetzte Krümmungen an. Daraus folgt, daß wenn die Saite ihre Lage AB (Fig. 16. Taf. IV. Bd. LXXX.) verläßt, um sich in die Curve $AaCbB$ zu begeben, die erstere Hälfte AC der Saite in AB , z. B. die Concavität derselben vorstellen wird, und die zweite Hälfte CB die Convexität derselben. Während

dieses Transports streben die verschiedenen Punkte der Saite successive ihre Geschwindigkeiten zu annulliren, und die Curve $AaCbB$ ist der Ort, welchen die verschiedenen Punkte der Saite erreichen, sobald ihre Geschwindigkeit vernichtet ist.

Nachdem die Saite sich, wie angegeben, gekrümmt hat, nimmt sie entgegengesetzte Krümmungen an, kehrt darauf zu den anfänglichen zurück und so fort. Während dieser Gestaltveränderung gehen die Punkte der Saite aus dem Ort $AaCbB$ in den Ort $AeCfB$, wo ihre Geschwindigkeiten sich successiv annulliren, darauf in den Ort $AgHkB$, wo ihre Geschwindigkeiten wieder Null sind, dann in den Ort $AmHnB$, wo die Geschwindigkeiten zum vierten Male Null werden, und endlich kehren sie zu dem Ort $AaCbB$ zurück, wo die Geschwindigkeiten anfangs Null waren, und wo sie abermals successiv für jeden Punkt verschwinden, wenn man die Abnahme der Schwingungs-Amplituden vernachlässigt.

Aus diesen Betrachtungen folgt, daß sich während einer vollständigen Schwingung der Saite vier bestimmte Orte bilden, in denen die Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, nachdem sie die intermediären Lagen, mit großer Schnelligkeit durchlaufen haben. Daraus entspringt dann die Erscheinung von vier besonderen, den Linien der Figur gemäß, gekrümmten Saiten und dem zufolge auch die Erklärung der Erscheinung. Aus diesen selben Betrachtungen folgt auch, daß die Saite zu vier verschiedenen Malen auf die Luft stößt, beim Uebergange von $AaCbB$ in $AeCfB$, von dieser Lage in die $AgHkB$, darauf in die Lage $AmHnB$, und endlich in die ursprüngliche $AaCbB$. Die vier Stöße sind nicht identisch; in der ersten und dritten stoßen die beiden Hälften der Saite die Luft in entgegengesetztem Sinn, während die Saite, in der zweiten und vierten, die Luft in gleichem Sinn mit allen Punkten trifft, fast wie wenn sie sich ohne Theilung bewegte. Daraus folgt, daß in der Reihe von Stößen, welche das Trommelfell des Ohrs empfängt, bei jedem zweiten Stofs

der auf uns gemachte Eindruck etwas Besonderes haben muß, und die periodische Wiederkehr dieses Phänomens muß die gleichzeitige Empfindung zweier um eine Octave verschiedener Töne auf uns machen. Diefs ist genau die Thatsache, die beobachtet wird und erklärt werden soll.

Alle obigen Betrachtungen lassen sich bestätigen, wenn man den Versuch so ausführt, wie eben beschrieben.

Bei gehöriger Führung des Bogens schwächt man die Octave des Grundtons; die Spindeln *Aa Ce, Cb Bf, Ag Hm*, und *HKBn* werden schmaler und endlich, wenn die Octave sehr schwach geworden, unmerklich.

Schwächt man dagegen den Grundton, so verbleiben die Spindeln, aber die Theile *C* und *H* kommen einander näher, streben zusammenzufallen und thun es wirklich, wenn man den Grundton schweigen läßt.

Leicht bestimmt sich die Gestalt der Curven, in welchen die verschiedenen Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, und die Dauer, welche jeder Punkt zum Uebergange von einer Curve zur anderen gebraucht; es geschieht mittelst der Gleichung

$$g = \alpha \cdot \sin \frac{\pi x}{l} \cdot \sin \frac{\pi at}{l} + \beta \sin \frac{2\pi x}{l} \cdot \sin \frac{2\pi at}{l},$$

welche eine der bei Saiten möglichen Bewegungen vorstellt und speciell die von uns betrachtete vorstellen kann.

Um übrigens die Wirkungen der Combination zweier Schwingungsbewegungen auf einen Körper nachzuweisen, braucht man nur die Bewegungen etwas langsam hervorzu- bringen, damit man die Phasen leicht verfolgen könne. Man erreicht diels leicht, mittelst eines langen Stabes, den man als Ganzes schwingen läßt und während dieser Schwingungen so schlägt, daß eine doppelte Schwingungsbewegung erfolgen muß. Dieser Versuch ist nicht ohne Interesse.

Ich setze die Analyse dieser Erscheinungen nicht weiter fort, spreche auch nicht von den sonderbaren Erscheinungen, die eine schwingende Saite darbietet, wenn man sie sich selbst überläßt. Was ich eben entwickelt habe, ist hin-

reichend, um die Erklärung der gleichzeitigen harmonischen Töne, wie man sie aus den fundamentalen Versuchen von Pigot, Noble und Sauveur hergeleitet hat, den Augen vorzuführen.

Untersuchen wir jetzt die von Hrn. Duhamel vorgeschlagene Erklärung der vielfachen Resonanz. Wir wollen hiebei speciell die schwingenden Saiten betrachten, da sie das eleganteste und interessanteste Beispiel von vielfacher Resonanz darbieten. Um die Einzelheiten, in welche wir bereits eingetreten sind, abzukürzen und zu benutzen, wollen wir annehmen, die Saite gebe zugleich ihren Grundton und dessen Octave.

In einer ersten Abhandlung stellt Hr. Duhamel folgenden Satz auf: Wird ein Körper erschüttert durch mehrere Ursachen, die für sich die einfachen Töne erzeugen würden, welche er zu geben vermag, so theilt sich gewöhnlich die Oberfläche in eine gewisse endliche Zahl von Theilen, in deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer haben. Diese verschiedenen Dauern beziehen sich auf die den verschiedenen Ursachen entsprechenden Töne und man befindet sich in demselben Fall, wie wenn man mehrere getrennte Flächen hätte, deren jede eine eigenthümliche Schwingungsbewegung besäße.

Bei der schwingenden Saite, welche den Grundton und dessen Octave giebt, ist die Mitte der einzige Punkt, dessen Schwingungen in Dauer von den der übrigen Punkte abweicht; ich finde hier nicht zwei endliche Saitenstücke, bei deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer hätten. Vielleicht wird man sagen, dafs eins der beiden endlichen Stücke sich auf einen Punkt oder einen Umfang der Saitenmitte reduciren; allein dann würde der Satz nichts Neues seyn bei Saiten. Uebrigens scheint mir diese Auslegung nicht zulässig zu seyn, denn nach dem Satz mufs man sich in demselben Fall befinden, wie wenn man mehrere getrennte Flächen hätte, deren jede eine besondere Schwingungsbewegung besäße; dann entspränge der Grundton lediglich aus den Schwingungen der Mitte der Saite d. h. eines ein-

zigen Punktes, und diese wären also un wahrnehmbar gegen die Schwingungen, welche die Octave geben. Bekanntlich aber kann der Grundton sehr stark seyn und, wie wir gesehen, erzeugt, nach der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, die Saite diesen Ton, in dem sie mit allen ihren Punkten auf die Luft schlägt.

In derselben Abhandlung wiederholt Hr. Duhamel den obigen Satz in einem bedeutend anderen Sinn, indem er sagt, daß jeder Ton der Resonanz in einem oder mehreren Theilen der Oberfläche existire und darin allein merklich scheine. Die Isolirung jedes Theils ist also nicht absolut, sondern nur angenähert; allein bei dieser Auslegung erlaubt der Satz des Hrn. Duhamel der Saite den Grundton dadurch zu erzeugen, daß sie mit allen ihren Punkten gegen die umgebende Luft schlägt; nur die Stärke der Schläge variirt in der ganzen Ausdehnung der Saite und sie könnte in einem endlichen Stück der Saite, in Bezug auf andere Theile, sehr groß seyn. In diesem Sinn wäre der Satz nicht eben neu.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung wird Hr. Duhamel deutlicher; er giebt den absoluten Sinn der ersten Form seines Satzes, d. h. das, was wahrhaft neu seyn würde, gänzlich auf, und nimmt an, was bei weitem nicht neu ist, daß es bei der vielfachen Resonanz eines Körpers, Stücke der Oberfläche gebe, die nur einen einzigen Ton zu liefern scheinen, obgleich man sich überzeugen kann, daß sie dennoch andere hervorbringen. Irre ich mich nicht, so will diess bei der schwingenden Saite sagen, daß die Mitte der Saite nicht direct zur Hervorbringung der Octave mitwirke, und daß die dieser Mitte nahe liegenden Theile nur in wenig merklicher Weise dazu beitragen.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung adoptirt Hr. Duhamel die herkömmlichen Ideen über die vielfache Resonanz der Körper vollständig; allein er stellt sie unter einer ihm eigenen Form dar, die wir jetzt näher untersuchen wollen.

Er nimmt an, daß, wie jeder weiß, wenn eine Saite

den Grundton und dessen Octave angiebt, ihre Schwingungsbewegung aus zwei Bewegungen besteht, die der isolirten Erzeugung dieser beiden Töne entsprechen. Er sucht nicht experimentell zu beweisen, dafs dem so sey; allein er zeigt, dafs wenn die Bewegung der Saite so, wie oben gesagt, zusammengesetzt ist, daraus die gleichzeitige Empfindung des Grundtons und seiner Octave hervorgehen müsse.

Bei der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, ist diese Folgerung gewissermafsen unmittelbar. Macht die ganze Saite eine Schwingung, so machen ihre beiden Hälften, die gleichzeitig schwingen, deren zwei, woraus folgt, dafs sie die Luft während einer vollständigen Schwingung vier Mal schlägt. Allein die Schläge sind nicht identisch, sie ähneln einander nur paarweise; das Ohr ist empfindlich für diese periodische Wiederkehr ähnlicher Schläge und daraus entspringt die zusammengesetzte Empfindung, welche man vernimmt.

Hr. Duhamel betrachtet nicht direct die Stöße, wie sie in Wirklichkeit statthaben, sondern er substituirt ihnen ein aequivalentes System. Statt der mit zusammengesetzter Bewegung begabten Saite, substituirt er zwei identische und sehr nahe Saiten, die beide einfache Schwingungen machen, die zu einander Octaven sind. Gewifs ist die der Luft eingeprägte Bewegung, man mag eine einfache Saite oder ein System von zwei aequivalenten Saiten haben, sehr nahe dieselbe und unser Organ mufs in beiden Fällen auf gleiche Weise afficirt werden; denn man weifs, dafs zwei benachbarte Saiten, von denen die eine die Octave der andern angiebt, zugleich die beiden Töne hören lassen, und man mufs sie also bei aequivalenten Schwingungen der einzigen Saite ebenfalls wahrnehmen.

Wenn ich den Gesichtspunkt, auf welchen Hr. Duhamel sich stellt, wohl aufgefaßt habe, so geht aus den obigen Entwicklungen hervor, dafs derselbe, wie alle Physiker bisher, den Ursprung der vielfachen Resonanz in der Zusammensetzungsweise der Vibrationsbewegung der Körper findet. Um diese Abhängigkeit nachzuweisen, betrach-

ten die Physiker direct die verschiedenen Stöße, welche wirklich der Luft eingeprägt werden, während Hr. Duhamel den eine zusammengesetzte Schwingungsbewegung machenden Körper ersetzt durch ein aequivalentes System von einfachen Bewegungen, deren Eindruck auf unser Organ wohl bekannt ist.

Die vulgäre Theorie der vielfachen Resonanz ist directer als die des Hrn. Duhamel, weil man darin die Phänomene betrachtet wie sie natürlich entstehen; sie ist auch elementarer und folglich einfacher, weil man nicht nöthig hat, zu Sätzen zu greifen, von denen wenigstens einer nicht Jedermann geläufig ist. Aus diesen beiden Gründen scheint mir die gewöhnliche Theorie im allgemeinen vorziehbar zu seyn; doch glaube ich, daß die von Hrn. Duhamel aufgestellte Demonstration in gewissen verwickelten Fällen ihren Nutzen haben kann.

Mag man nun aber die eine oder die andere der beiden Theorien annehmen, so bleibt doch in Betreff der vielfachen Resonanz der Körper noch eine Schwierigkeit gänzlich zu lösen übrig. Und diese Schwierigkeit liegt darin, daß man die wahre Theorie des Violinbogens bisher noch nicht der Analyse zu unterwerfen gewußt hat.

Der Violinbogen erzeugt vier Haupt-Effecte. Er unterhält die Gleichheit des Tons so zu sagen so lange wie man will; er unterhält sogar jene schwachen Töne, die gewissermaßen unter den Fingern des Künstlers sterben, während die Töne, welche die Saiten bei bloßem Zupfen geben, zwar anfangs sehr stark sind, aber rasch abnehmen und bald ganz verschwinden. Der Bogen erlaubt, den Tönen verschiedene Stärke zu geben; er vermag ihnen besondere Eigenthümlichkeiten einzuprägen, indem er nebenbei die harmonischen Töne hervorruft, und er kann endlich einer Saite die verschiedenen harmonischen Töne isolirt entlocken. Durch diese Effecte ist der Bogen Herr und Meister der Töne.

Der Bogen wirkt demnach durch eine Reihe sanfter Stöße, die er der Saite einprägt. Durch ihre fortdauernde

Erneuerung unterhalten diese Stöße die Bewegung, die sich zu schwächen sucht; indem sie sanfter oder kräftiger werden, ändern sie die Amplitude der Vibrationen und demgemäß die Stärke der Töne; indem sie, unter gehörigen Umständen, an verschiedenen Theilen der Saite angebracht werden, können sie verschiedene Vibrationsweisen hervorrufen, die zu gesonderten oder gleichzeitigen harmonischen Tönen Anlaß geben.

Die vom Bogen ausgehenden Stöße folgen einander so rasch, daß man sich durch Betrachtung der Saite nicht von ihrem Daseyn überzeugen kann. Wenn indess der Druck des Bogens beträchtlich und seine Geschwindigkeit mäßig ist, so besitzen die Töne dieselben Kennzeichen, wie wenn sie von einer Reihe von Stößen herrührten. Ueberdies kann man dann ein Hüpfen wahrnehmen, welches den Augen die verschiedenen Stöße des Bogens sichtbar macht. Der Versuch erlangt einen höheren Grad von Beweisfähigkeit, wenn die Spannung der Saite schwach ist oder die Schwingungen langsam geschehen.

Macht man den oben angezeigten Versuch und ist das Hüpfen der Saite merklich, so hat man außer dem Grundton der Saite zwei Suppletar-Töne, welche die Grundtöne der durch den Bogen getrennten Saitenstücke sind.

Verringert man nach und nach den Druck des Bogens und vergrößert seine Geschwindigkeit, so wird das Hüpfen rascher, schwerer zu beobachten, und zugleich werden die beiden supplementären Töne schwächer; so lange diese Töne aber anhalten, sind sie gleichsam Zeugen für die vom Bogen erregten Stöße. Endlich hört das Hüpfen auf merklich zu seyn, und dennoch machen sich die supplementären Töne noch vernehmbar, zwar schwach, aber desungeachtet hinreichend hörbar, um bei einiger Aufmerksamkeit erkannt zu werden.

Das Reiben des Bogens erzeugt also eine Reihe von Stößen, aus denen alle Wirkungen dieses Instrumentes hervorgehen.

Man darf indess nicht glauben, daß sich diese Stöße in

regelmäßiger Weise wiederholen, um den Ton zu unterhalten, denn man kann den Ton einer Saite unterhalten, wenn man sanft mit dem Finger auf dieselbe klopft und dabei diese Schläge fast in willkürlicher Weise erneuert. Der einzige Unterschied, den man bemerkt zwischen den Tönen, die vom Bogen unterhalten werden, und denen, die durch Zupfen mit den Fingern, also durch eine Reihefolge von Stößen hervorgebracht werden, entspringt nur aus der Zartheit und Leichtigkeit der Stöße des Bogens.

Das Daseyn der supplementären Töne, dieser unzweifelhaften Zeugen der Stöße des Bogens, ist sehr klar und sehr beweisend, sobald die Geschwindigkeit des Bogens gewisse Gränzen nicht überschreitet. In den Fällen, wo der Bogen sich mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit bewegt, werden die supplementären Töne so schwach, daß man die Wahrnehmung derselben einer Täuschung des vorgestellten Geistes zuschreiben könnte, wiewohl die Analogie alsdann die Schlüsse verstärkt. Allein wenn noch ein Zweifel übrig bliebe, so wäre es leicht ihn durch folgende Beobachtungen zu heben.

Wenn man eine Saite mit dem Bogen streicht, so machen seine Haare Querschwingungen. Um dieß zu beweisen, braucht man nur die Haare mit einem einfachen Draht ring zu umgeben; durch seine Bewegungen während des Streichens macht dann dieser Ring die Vibrationen der Haare des Bogens sichtbar.

Die vom Draht ringe angezeigten Vibrationen sind sehr merkwürdig, sobald man den Bogen auf ein einziges Haar reducirt und, vor allem, sobald man die Haare ersetzt durch eine mit Harz eingeriebene Saite.

Gewöhnlich giebt man dem Bogen eine solche Spannung, daß der Ton, welchen jedes seiner Haare bei isolirtem Schwingen giebt, sehr tief ist gegen den, welchen er der Saite entlockt. Welche Spannung man aber auch den Haaren des Bogens oder den sie ersetzenden Körpern geben möge, so stellen sich doch die Querschwingungen immer ein und lassen sich stets durch das Experiment sichtbar

machen, so daß die Stöße der schwingenden Saite gegen die Haare und folglich die Stöße der Haare gegen die Saite unzweifelhafte Thatsachen sind.

Es wäre schwierig, *a priori* zu sagen, welchen Einfluß die Schwingungen des Bogens auf die Nettigkeit der Schwingungen der Saite und folglich auf die Reinheit der erregten Töne ausübe. Dieser Einfluß ist wahrscheinlich nicht zu vernachlässigen. Wie bekannt, kann man nicht unterschiedlos einen Bass-, einen Cello- oder Violinbogen zu einem Instrument gebrauchen. Man weiß auch daß die Künstler bei der Auswahl aus Bogen gleicher Art mit großer Sorgfalt zu Werke gehen, und daß sie auch bestimmte Spannungen für die Haare wählen. Es wäre interessant, die Eigenschaften der Bogen einer Experimental-Untersuchung zu unterwerfen, und vielleicht gelangte man zu einem nützlichen Resultat für die practische Musik. Ist der Ton schöner als in andern Fällen, wenn der Bogen eine solche Spannung hat, daß der Ton jedes einzelnen Haars um eine oder mehrere Töne höher oder tiefer ist als der Ton der schwingenden Seite oder dessen harmonischer Ton?

Die analytische Lösung des Problems von schwingenden Saiten ist merkwürdig schön, und dennoch ist sie unvollständig. Um die erzeugten Effecte zu erklären, reicht es in der Praxis nicht aus, wie man es bei der Analyse gethan hat, seine Zuflucht zu sehr mannigfaltigen Anfangszuständen zu nehmen. Gewöhnlich ist der anfängliche Zustand ein Zustand des Gleichgewichts unter Einfluß der Spannung der Saite, und dennoch: welche Mannigfaltigkeit, die der Bogen hervorruft!

Die gewöhnliche Analyse reicht nicht einmal in dem sehr einfachen Falle aus, wo die Saite gezupft wird. Die Anfangsfigur und die Anfangsgeschwindigkeiten sind nicht willkürlich gegeben; sie hängen vom Stoß ab und können nicht eher bekannt seyn als bis man genau den Stoß kennt.

Die Schwierigkeit, welche die analytische Theorie des Bo-

Bogens und selbst der isolirten, durch Zupfen erzeugten Stöße darbietet, liegt übrigens in der allgemeinen und bisher unübersteiglichen Schwierigkeit, das Phänomen des Stosses einer genauen Analyse zu unterwerfen; denn bekanntlich hat man bisjetzt nur einen sehr besonderen Fall dieses Phänomens, den einzigen, den Poisson entwickelt hat, behandeln können.

Hr. Duhamel hat die Wirkung des Bogens nur unter dem oben angezeigten Gesichtspunkt betrachtet. Er betrachtet die Reibung des Bogens als aequivalent nicht einer Reihe von Stößen, sondern einem System von constanten Kräften. Nach dieser Betrachtungsweise würde ein Attractionscentrum neben der Saite, in solchem Abstände, daß die Verschiebungen comparativ unmerklich wären, den Bogen ersetzen können. Diefs scheint auf den ersten Blick nicht eben wahrscheinlich. Wie dem auch sey, wenn die Theorie richtig ist, so muß sie alle Wirkungen des Bogens erklären und überdies müssen ihre Folgerungen mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen.

Hr. Duhamel führt zur Bestätigung einen Versuch an, nach welchem er gefunden, daß ein kreisrunder Bogen oder vielmehr ein reibendes Rad bei Einwirkung auf eine gespannte Saite, diese aus der anfänglichen Gleichgewichtslage ablenkt, und sie, in einer sehr kurzen Zeit, in eine neue Gleichgewichtslage überführt, in welcher sie durch die Reibung erhalten wird, ohne daß die Saite weiter einen Ton giebt. Diefs Resultat der Theorie und der Versuche des Hrn. Duhamel kann als negativ betrachtet werden gegen die sehr positive, daß die Leyermänner den Ton einer Saite ganze Stunden lang, wenn man es wünscht, unterhalten. Wenn Hr. Duhamel ein negatives Resultat erhalten hat, so liegt es wahrscheinlich daran, daß er das Rad nicht in die Umstände versetzt hat, wo es nach Art eines Bogens wirkt.

Uebrigens ist nicht leicht einzusehen, wie die Theorie des Hrn. Duhamel die vier Hauptwirkungen des Bogens

erkläre und wie sie Rechenschaft gebe von den Schwingungen, in welche die Haare des Bogens beim Streichen der Saite beständig gerathen.

VI. Ueber den Einfluss des Drucks auf die chemische Natur der plutonischen Gesteine; aus einem Schreiben an G. Rose von R. Bunsen.

Eine Arbeit über den innern Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen Islands hat mir zur Erörterung der Frage Veranlassung gegeben, ob und in wie weit dem Drucke ein Einfluss auf die Bildung und Natur der plutonischen Gesteine beizumessen sey.

Eine größere Zahl sorgfältig ausgeführter Analysen der charakteristischen nicht metamorphischen Gebirgsarten Islands hat zu dem unerwarteten Resultate geführt, daß die ursprünglichen Gesteine dieses und wahrscheinlich auch des Armenischen Vulkanensystems aus gesonderten oder combinirten Ergüssen nur zweier, von der speciellen Situation der jetzigen Vulkane unabhängiger Heerde abgeleitet werden können. Der eine dieser Heerde hat die trachytischen, der andere die pyroxenischen Gesteine geliefert, während aus beiden in Gemeinschaft eine Reihe von Mittelgliedern hervorgegangen ist, die man nicht unpassend unter dem Namen der tracheo-pyroxenischen zusammenfassen könnte. Diefes Ergebnifs findet in der chemischen Constitution der Gesteine eine directe Begründung; denn die rein trachytischen Massen einerseits und die rein pyroxenischen andererseits zeigen, soweit sie als Repräsentanten allgemein verbreiteter Gebirgsbildungen gelten können, eine gleichbleibende nur hie und da durch leicht nachweisbare locale Ursachen gestörte *Durchschnitts-Zusammensetzung*, wie ver-

schieden auch immer ihre Lagerung, ihr Altar und ihre petrographische oder mineralogische Natur seyn möge. Man findet darunter oft, nicht die entfernteste Aehnlichkeit darbietende Gebilde, die deßungeachtet, wenn man sie im Ganzen ohne Rücksicht auf die darin vorkommenden Gemengtheile analysirt, eine gleich zusammengesetzte Silicatmasse darstellen, welche sich in der Natur bald zu glasierten Flüssen, bald zu steinartigen Bildungen, bald zu Aggregaten verschiedener bestimmt gesonderter Fossilien gestaltet hat. Das constante Sauerstoffverhältniß der Kieselerde und der Basen verhält sich in diesen rein trachytischen Gesteinen wie 3:0,58 und in den rein pyroxenischen nahe wie 3:2. Zwischen diesem sauern und basischen Extreme liegen die tracheo-pyroxenischen Gebirgsarten in der Mitte. Sie sind, ihrer Zusammensetzung nach, durch das Mischungsverhältniß jener extremen Glieder bestimmt, und diese Zusammensetzung läßt sich durch Rechnung annähernd vorausbestimmen, wenn nur einer der Gesteinsbestandtheile, am besten die Kieselerde, in Procenten gegeben ist. Es läßt sich aus diesem Ergebniß, dessen speciellere Begründung hier zu weit führen würde, der Schluß ziehen, daß sich ein und dasselbe Silicatgemenge von qualitativ und quantitativ gleicher Zusammensetzung zu Gebirgsarten von ganz verschiedener mineralogischer Beschaffenheit bei dem Erstarren gruppieren kann. Die petrographische Verschiedenheit in den Gebirgsbildungen setzt daher nicht immer eine entsprechende Verschiedenheit in der chemischen Constitution der feuerflüssigen Silicatlösung voraus, welche diese Bildungen veranlafte, vielmehr müssen dabei noch andere Einflüsse mitgewirkt haben. Es bietet sich daher sehr natürlich die Frage dar, ob die ungeheueren Druckkräfte, welche die feuerflüssigen Gesteine in Bewegung setzen und ihrer ganzen Masse nach zusammenpressen, unter diese Einflüsse zu zählen seyen.

Diese Frage wird unbedingt bejaht werden müssen, wenn sich der Beweis führen läßt, daß die Erstarrungstemperatur der Körper, gleich wie deren Kochpunkt, als

eine Function des auf ihnen lastenden Druckes betrachtet werden müsse.

Ich habe es versucht, diese Frage auf dem Wege des Versuches zu entscheiden:

Es wurde zu diesem Zweck ein sehr dickwandiges ungefähr fußlanges Glasrohr von strohhalmstarkem Lumen an dem einen Ende zu einer feinen 15 bis 20 Zoll langen, am andern zu einer nur $1\frac{1}{2}$ Zoll langen, etwas weitem Haarröhre ausgezogen, das längere Haarrohr darauf mit Hülfe eines daran gelegten Spiegelmaafsstabes calibriert, und das kürzere so umgebogen, daß es, dem untern Theile der Glasröhre parallel, aufwärts stand. Der getrocknete zuvor erhitze Apparat wurde nun durch Aufsaugen mit ausgekochtem Quecksilber völlig gefüllt, und das lange Capillarrohr oben zugeschmolzen. Nach dem Erkalten ist es leicht durch gelindes Erwärmen eine kleine Menge Quecksilber aus dem untern aufwärts gebogenen Röhrchen auszutreiben und dafür, indem man wieder abkühlt, eine kleine Menge der zu prüfenden geschmolzenen Substanz eintreten zu lassen. Hat man darauf auch dieß untere Haarröhrchen mit dem Löthrohr verschlossen, so öffnet man das obere wieder, und erwärmt den Apparat ungefähr 1° bis 2° C. über den Schmelzpunkt der darin befindlichen Substanz, wobei ein Theil des Quecksilbers aus der offenen Spitze ausfließt. Ist endlich nach dem abermaligen Abkühlen der Stand des Quecksilbers in der Capillarröhre nebst Thermometer- und Barometerstand notirt, und darauf die Spitze durch eine feine Löthrohrflamme abermals geschlossen, so kann man zu dem Versuche selbst schreiten. Man befestigt zu diesem Zweck zwei solcher Apparate von ganz gleicher Form und Füllung, den einen mit offener, den andern mit geschlossener oberer Capillarröhre, sammt einem empfindlichen Thermometer dergestalt auf ein kleines Brett, daß die beiden mit der zu prüfenden Substanz gefüllten Röhrchen dicht neben der Thermometerkugel stehen, und senkt den Apparat, zunächst nur so weit als diese Röhrchen reichen, in Wasser, dessen Tem-

peratur einige Grade über dem Schmelzpunkt der Substanz liegt. Sieht man, daß die Erstarrung gleichzeitig in beiden Röhrchen genau bei derselben Temperatur erfolgt, so wiederholt man den Versuch nur mit dem Unterschiede, daß der Apparat tiefer in das durch Umrühren stets gleichmäßig warm erhaltene Medium eingesenkt wird. Es erzeugt sich dadurch in Folge der Ausdehnung des Quecksilbers im verschlossenen Instrument ein Druck, welcher an der Zusammenpressung der Luft im Capillarrohr leicht gemessen, und durch Einsenken oder Emporziehen des Instrumentes aus der Erwärmungsflüssigkeit beliebig gesteigert oder vermindert werden kann. Der Druck in dem offenen Instrumente bleibt dagegen während der ganzen Dauer der Erwärmung unverändert derselbe. Die Temperaturdifferenz, um welche die Substanz im verschlossenen Instrumente eher erstarrt als im offenen, giebt die Schmelzpunktserhöhung für den beobachteten Druck.

Ein mit Wallrath angestellter Versuch gab folgendes Resultat:

Druck in Atmosphären.	Erstarrungspunkt in Centesimalgraden.
1	47°,7 C.
29	48°,3
96	49°,7
141	50°,5
156	50°,9.

Derselbe Versuch mit Paraffin wiederholt gab:

Druck.	Erstarrungspunkt.
1	46°,3 C.
85	48°,9
100	49°,9.

Das Verhältniß der beobachteten Temperatur läßt sich bis auf 0°,1 C. verbürgen; die beobachteten Druckkräfte dagegen können um einige Atmosphären ungenau seyn, da das Capillarianometer bei diesen Messungen sehr kurz, und auf die kleine im Hohlraum desselben durch den vermehr-

ten Druck bewirkte Volumvergrößerung noch keine Rücksicht genommen war.

Man kann die Verrückung des Schmelzpunktes mit diesem kleinen Instrumente auf eine noch anschaulichere Weise sichtbar machen. Taucht man dasselbe nämlich mit der unteren Spitze in Wasser von einer Temperatur, die 1° bis 3° über dem Schmelzpunkt der zu prüfenden Substanz liegt, so schmilzt dieselbe im offenen wie im geschlossenen Instrumente, weil in beiden der Druck gleich ist; senkt man darauf den Apparat ganz in das erwärmende Medium ein, so erstarrt die Substanz durch den nun eintretenden Druck im geschlossenen Instrumente wieder, während sie im offenen unverändert flüssig bleibt.

Ogleich das physikalische Gesetz der Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck aus diesen wenigen *vorläufigen* Versuchen nicht einmal annähernd ersichtlich ist, so läßt sich doch daraus bereits soviel mit Bestimmtheit abnehmen, daß ein Körper bei Druckdifferenzen von kaum 100 Atmosphären seinen Schmelzpunkt um mehrere Centesimalgrade ändern kann. Hält man nun die schon nicht weniger als 400 bis 500 Atmosphären betragende Pressung, welche ungefähr zur Sprengung der 3 Millimeter dicken Wandung einer 2 Millimeter weiten Glasröhre erfordert wird, mit jener gewaltigen Druckkraft zusammen, welche die Feste ganzer Continente erschüttert oder emporhebt, und sich in meilenlangen Lavaströmen und Aschenstrahlen an den Vulkanen Bahn bricht, so wird man die Ueberzeugung nicht abweisen können, daß *solche* Kräfte sich nur nach Tausenden von Atmosphären messen lassen. Dann aber müssen auch nothwendig die solchen Druckeinwirkungen ausgesetzten feuerflüssigen Gesteine, je nach dem Wechsel des Drucks, ihre Erstarrungstemperatur um Hunderte von Graden ändern können. Man begreift daher leicht, daß Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit, Olivin etc., welche unter einem bestimmten Druck bei einer gewissen Temperatur aus dem silicatischen Lösungsmittel erstarren, unter verändertem Druck bei ganz anderen Temperaturen auskrystallisiren

werden. Und wenn die Verrückung des Schmelzpunktes, wie es obige Versuche bereits andeuten, bei verschiedenen Körpern für gleiche Druckdifferenzen eine verschiedene ist, so wird sich unter Umständen selbst die Reihenfolge der Ausscheidungen, ja es werden sich diese Ausscheidungen selbst, ihrer chemischen Constitution nach, durch den bloßen Druck ändern können.

Man wird es daher als ausgemacht betrachten dürfen, daß der Druck auf das Festwerden der plutonischen Gebirge und auf die chemische Constitution der darin auftretenden Gemengtheile einen großen, vielleicht noch größeren Einfluß ausübt, als selbst die Verhältnisse der Abkühlung ¹⁾).

Marburg, den 2. November 1850.

VII. Ueber Weibye's Atheriastit; von J. Fr. L. Hausmann.

Die von Weibye im 79. Bande dieser Annalen S. 302 gegebene Beschreibung des von ihm mit dem Namen *Atheriastit* belegten Minerals von Arendal läßt mit Sicherheit erkennen, daß dieser bisher für eine Abänderung des *Skapolithes* angesprochene Körper das von Häuy mit dem Namen *Wernerit* belegte ²⁾, und von seinem *Paranthine*, dem *Skapolithe* der Auctoren, auch noch in der zweiten Auflage seiner Mineralogie ³⁾ unterschiedene Fossil ist. Es muß hierbei bemerkt werden, daß das von d'Andrada ursprünglich mit dem Namen *Wernerit* bezeichnete nordische Mineral ⁴⁾, nicht Häuy's *Wernerit* ist, daß aber von den

1) Die Versuche des Hrn. B. sind noch in sofern von besonderem Interesse, als sie den ersten experimentellen Beweis von dem S. 168 dieses Bandes erwähnten theoretisch aufgefundenen Satz liefern. P.

2) *Traité de Min.* 1. Ed. II. p. 586.

3) *Traité de Min.* 2. Ed. II. p. 582.

4) Scherer's Journ. IV. S. 38.

Körpern, welche Schumacher *Wernerit* nannte, die dunkel lauchgrüne — richtiger seladongrüne — Abänderung ¹⁾ mit Haüy's *Wernerit* übereinstimmt. Ich habe Gelegenheit gehabt mich in Kopenhagen hiervon zu unterrichten, wo mich auch der verewigte Justizrath Manthey, durch den Haüy den *Wernerit* von Arendal erhalten hatte, darüber belehrte, welches Mineral von ihm mit diesen Namen bezeichnet worden. Eine ausführliche Auseinandersetzung des hier kurz Mitgetheilten findet sich in meinen Bemerkungen über Skapolith und *Wernerit*, im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, III. S. 201 ff., wo ich auch die Gründe entwickelt habe, weshalb ich Haüy's *Wernerit* nur für eine Varietät des *Skapolithes* ansehen könne. Diese Ansicht, welcher auch ich in meinem Handbuche der Mineralogie gefolgt bin, wo ich Haüy's *Wernerit* zur dichten Abänderung der von mir nach dem Vorgange v. Leonhard's mit dem Namen *Wernerit* belegten Mineralspecies, des *Skapolithes* der Auctoren, gezählt habe, ist in neuerer Zeit bekanntlich die allgemeine geworden. Ich würde auch jetzt noch bei dieser Ansicht beharren, wenn nicht das Resultat der Berlin'schen Analyse von der Art wäre, dafs es nicht wohl zulässig ist, *Weibye's Atheriastit* noch länger zum *Skapolithe* zu zählen. Auffallend ist dabei die nahe Uebereinstimmung der Krystallisation beider Fossilien. *Weibye* giebt den Kantenwinkel des Quadratoctaëders zu 135° an, der nach Haüy's $136^{\circ} 38'$ beträgt. Nach jener Angabe würde der Grundkantenwinkel $65^{\circ} 32'$ betragen, wogegen er nach Haüy $62^{\circ} 56'$ misst. Da sich diese Angaben auf Messungen mit dem Anlegegoniometer gründen, so kann die Differenz nicht bedeutend erscheinen. Nach Haüy beträgt die Neigung der Flächen des Quadratoctaëders gegen die Flächen des quadratischen Prismas (*E*), gegen welche sie gesetzt sind, $121^{\circ} 28'$. Davon weicht die Messung jenes Winkels an einem mir zu Gebote stehenden Krystalle nicht bedeutend ab, indem

1) Verzeichniß der i. d. dänisch-nordischen Staaten sich findenden Mineralien. S. 84.

solche $121^{\circ} 45'$ ergab, wonach die Grundkantenwinkel des Quadratocäeders $63^{\circ} 30'$ und der Seitenkantenwinkel $136^{\circ} 18'$ betragen würde. Mohs giebt bei dem *Pyramidalen Feldspath* (*Skapolith*, *Meionit*) den ersteren Winkel zu $63^{\circ} 48'$, sowie den zweiten zu $136^{\circ} 7'$ an. Nach Breithaupt misst der Grundkantenwinkel des *Skapolithes* $63^{\circ} 32'$, der Seitenkantenwinkel mithin $136^{\circ} 18'$. Diese Angaben weichen so wenig von den Winkeln des *Wernerites* ab, daß eine wesentliche Verschiedenheit der Krystallisationssysteme von *Wernerit* und *Skapolith* wohl nicht angenommen werden kann. In dem Habitus der Krystalle weicht der *Atheriastit* vom *Skapolithe* ab. Bei jenem stellt sich die Combination 8 P. 4 B. 4 E. (Haüy, *Traité* Pl. 75. Fig. 182) in kurzen und verhältnißmäßig dicken Individuen dar, wogegen die Krystalle des *Skapolithes* lang und schlank zu seyn pflegen. Die Krystalle, welche ich besitze und in den Kopenhagener Sammlungen gesehen habe, sind an beiden Enden auskrystallisirt und eingewachsen; wogegen die *Skapolithkrystalle* gewöhnlich aufgewachsen und daher nur an einem Ende vollkommen ausgebildet zu seyn pflegen. Die Krystallflächen des *Atheriastits* sind eben und glatt, dabei aber matt oder wenig wachsartig glänzend. Dabei erscheinen Kanten und Ecken, wie auch Weibye bemerkt hat, oft wie geschmolzen. Nach demselben besitzt der *Atheriastit* eine vollkommene Theilbarkeit nach dem zweiten quadratischen Prisma, welches mit den Blätterdurchgängen des *Skapolithes* nicht im Widerspruche steht, wiewohl die mehrsten Abänderungen des letzteren leichter und vollkommener sich spalten lassen als jenes Mineral, und zwar nach beiden quadratischen Prismen. Der splittrige, in das Unebene übergehende Bruch ist bei dem *Atheriastit* hervorstechender als bei den mehrsten Abänderungen des *Skapolithes*. Durch die Undurchsichtigkeit und den geringeren Glanz gewinnt jenes Mineral besonders ein von dem *Skapolithe* abweichendes Ansehen. Nach Haüy ist der *Wernerit* olivenfarbig, nach Schumacher dunkel lauchgrün; Weibye bezeichnet die Farbe des *Atheriastits* als

ein gewöhnlich etwas schmutziges Spangrün; richtiger ist sie aber wohl für ein Seladongrün anzusprechen. Das specifische Gewicht ist von Weibye nicht angegeben. Leider gestatten auch die in meinem Besitze befindlichen Stücke die Bestimmung desselben nicht. Nach Haüy soll das specifische Gewicht des *Wernerites* 3,6063 seyn; ohne Zweifel hat er diese Angabe von d'Andrada entlehnt, dessen *Wernerit* jedoch, wie oben bereits bemerkt worden, verschieden von dem Haüy'schen Fossile ist. Schumacher hat das eigenthümliche Gewicht seines *dunkel lauchgrünen Wernerits* zu 2,857 bestimmt. Hiernach würde es ein wenig höher als das specifische Gewicht des *Skapolithes* seyn. Die Härte des *Atheriastites* ist entschieden gröfser als die des *Skapolithes*, indem verschiedene Abänderungen des letzteren von dem ersteren geritzt werden. Die Härte ist nur wenig geringer als die des Feldspathes.

Zur Unterscheidung von *Skapolith* und *Atheriastit* kann besonders das abweichende Verhalten vor dem Löthrohre dienen. Reine und frische Abänderungen des ersteren geben, im Kolben erhitzt, kein Wasser aus, wogegen bei dem letzteren ein nicht unbedeutender Wassergehalt sich zu erkennen giebt. Der reine *Skapolith* zeichnet sich vor dem Löthrohre durch starkes Blasenwerfen, durch einen hellen phosphorischen Schein, und durch die leichte Schmelzbarkeit zu einem weissen, blasigen Glase aus, wogegen der *Atheriastit* aufberstet und dann leicht zu einem dunkelbraunen Glase schmilzt. Beide Fossilien lösen sich im Boraxglase auf, aber der reine *Skapolith* ohne einen Eisengehalt zu zeigen, wogegen der *Atheriastit* auf Eisen reagirt.

Durch dieses abweichende Verhalten wird schon die verschiedene Mischung angedeutet, wie sie die Berlin'sche Analyse ergeben hat. Haüy führt bei seinem *Wernerit* eine Analyse von John an, die indessen von dem durch Berlin erhaltenen Resultate bedeutend abweicht. Wenn nun dieses die Mischung des *Atheriastits* als eine von der des *Skapolithes* wesentlich verschiedene erscheinen

läßt, so ist dabei doch die Uebereinstimmung der Krystallisation auffallend. Hierin, so wie in dem Vorhandenseyn eines Wassergehaltes, scheint eine Andeutung zu liegen, daß der *Atheriastit* sich auf ähnliche Weise zum *Skapolithe* verhalte, wie der *Aspasiolith* zum *Dichroite*. Die Mineralogen, welche annehmen, daß der *Aspasiolith* durch eine Metamorphose aus dem *Dichroite* entstanden sey, werden vielleicht geneigt seyn, den *Atheriastit* für eine pseudomorphosische Bildung nach *Skapolith* anzusehen. Doch scheint mir für eine solche Annahme kein zureichender Grund vorhanden zu seyn. Lehrreich würde die Untersuchung seyn, in welchem Verhältnisse die Atomvolumen des *Atheriastits* und *Skapoliths* zu einander stehen. Dazu würde aber einerseits eine genaue Bestimmung des specifischen Gewichtes des ersteren, und andererseits eine Aufklärung der Widersprüche vorangehen müssen, welche unter den Resultaten der chemischen Analysen des letzteren noch stattfinden.

Der *Atheriastit* gehört zu den seltensten skapolithartigen Fossilien. An den Stücken, welche in meinem Besitze sind, befinden sich die Krystalle und die gerundeten Körner in einem grobkörnigen Gemenge von fleischrothem Feldspath, graulichweißem Bergkrystall, schwarzem körnigen Granat und schwarzem körnigen Augit eingewachsen.

Schließlich erlaube ich mir die Meinung auszusprechen, daß es mir passend scheint, den ursprünglich von Haüy jenem Minerale gegebenen Namen beizubehalten, und dagegen mit dem Namen *Wernerit* künftig nicht mehr, wie es von einigen Mineralogen und von mir selbst geschehen, den *Skapolith* zu bezeichnen.

Göttingen, den 1. Dec. 1850.

VIII. *Einige neuere Beobachtungen über metallischen Schiller, der auf künstlich durch Aufstreichen weicher Krystalle auf eine feste Unterlage erhaltenen Flächen sichtbar wird;*
von Wilhelm Haidinger.

(Aus den Berichten der Wiener Akademie, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Sir David Brewster hatte (Pogg. Ann. 1846 Heft 12) die freien Schuppen von *chrysamminsaurem Kali* auf eine Unterlage mit einem Messer aufgestrichen, um die merkwürdigen metallischen Farbentöne zu untersuchen. Es schien natürlich ungemein wichtig, diese mit der früher erwähnten so nahe verbundenen Beobachtung mit demselben zu vergleichen. Vorzüglich wäre es freilich wünschenswerth gewesen, die von Brewster erwähnten Krystallschuppen selbst wieder zu haben. Allein obwohl es auf Bergrath Haidingers Bitte Hrn. Fr. v. Hillebrand, Assistenten am k. k. General-Münz-Probiramte, vollkommen gelang, dieses merkwürdige Salz selbst darzustellen, so fielen die Krystallschuppen doch zu klein aus, um den Schiller auf den Krystallflächen zu orientiren. Eine Parthie derselben wurde also, um doch wenigstens die von Brewster beschriebenen Erscheinungen vergleichend zu beobachten, auf raues Glas aufgetragen und sorgfältig in einer Richtung glatt gestrichen. Nach Brewster folgen die Farben bei verschiedener Elevation der Beobachtung am polarisirten Lichte, wie folgt:

<i>O</i> bei allen Incidenzen bläulich weifs.	} Oberes Bild	} der dichroskopischen Lupe.
<i>E</i> bei kleiner Incidenz goldgelb, bei gröfserer tiefer gelb, grünlichgelb, grün, grünlichblau, blau- und nelkenroth.		
	} Unteres Bild	

Von einer Verschiedenheit der Erscheinung in verschiedenen Azimuten wird nichts erwähnt. Allein in der Wirklichkeit findet eine solche höchst merkwürdige Verschiedenheit allerdings statt und es läßt sich eine Erscheinung beobachten, die nach den bisherigen Erfahrungen wohl bei Krystallen, aber nicht bei nur mechanisch ausgebreiteten Körpertheilchen zu vermeiden gewesen wäre.

Bei ziemlich senkrechtem Lichteinfall erscheint dem bloßen Auge die Farbe metallisch, von einem Mittel zwischen Speisgelb und Stahlgrau. Aber diese Farbe wird durch die dichroskopische Lupe deutlich zerlegt in ein *metallisches Messinggelb*, das senkrecht auf die Fasern des Striches und in ein metallisches Stahlgrau, in das Violette geneigt, das in der Richtung der Fasern polarisirt ist.

Bei geneigter Lage der aufgestrichenen Blättchen erscheinen sie schon dem bloßen Auge in der Querstellung mehr gelblichgrün, in der Längsstellung mehr stahlgrau. Stärker wird der Gegensatz bei Anwendung der dichroskopischen Lupe: da erscheint dann in der *Längenstellung* das obere Bild *O*, vom Stahlgrauen ins Violette geneigt anzufangen, bei größeren Einfallswinkeln immer heller und heller weiß und glänzend; das untere Bild *E* geht durch Goldgelb, Messinggelb, die metallischen gras-smaragd- und spangrünen Töne, in ein metallisches Erden- und dunkles Indigoblau. Zuletzt glänzen auch die untern Bilder ohne Farbe, doch weniger als die oberen. In der *Querstellung* dagegen erscheint das obere Bild *O* messinggelb metallisch und nimmt bei größeren Einfallswinkeln an Glanz zu. Das untere Bild *E* zeigt dagegen *keine Spur von Grün*; es geht aus dem Violett-Stahlgrauen durch ein deutlicheres Violett und Blau in dunkel Indigoblau über, dem bei guter Politur noch ein schwaches Violett und sodann Roth folgt.

Hat man eine Lage des chrysamminsauren Kalis hinlänglich dünn in einer Richtung aufpolirt, so erscheint auch im durchfallenden Lichte ein sehr deutlicher von Brewster ebenfalls bezeichneter Dichroismus. Bei der verticalen Stellung der Strichfasern ist dann das obere Bild *O*

fleisch- bis blutroth, das untere Bild *E* karmin- bis karminroth, nach Maafsgabe der Dicke.

Erscheinungen, welche bisher lediglich durch Krystallisation bedingt wahrgenommen wurden, finden sich also hier auf einmal durch mechanische Anwendung hervorgebracht.

Das chrysamminsäure Kali sollte nicht lange der einzige Körper bleiben, der diese Art des Flächenschillers zeigt. Hr. Hofrath Wöhler in Göttingen theilte kürzlich Hrn. Bergrath Haidinger eine Probe des zuerst von Knop in seinem Laboratorium dargestellten Kalium-Platin-Cyanür-Cyanides mit, das eine ähnliche Eigenschaft besitzt. In der *Querstellung* ist das obere Bild *O* metallisch-violett, bei größeren Elevationen mehr in Purpurfarbe und Rothe ziehend, das untere *E* kupferroth mit wenig Glanz; in der *Längenstellung* ist das obere Bild *O* stahlblau, das untere *E* kupferroth mit ziemlich viel Glanz.

Andere Eigenschaften dieser Krystalle mögen hier vorläufig übergangen werden, nur möge kürzlich erwähnt werden, daß die *Seitenflächen* ihrer vierseitigen Prismen im gewöhnlichen Lichte *kupferroth*, die *Endflächen* schön *goldgelb* sind, deutlicher noch im polarisirtem Licht der dichroskopischen Lupe.

Mehrere andere Körper, die zu dem Zwecke der Untersuchung aufgestrichener Flächen vorgenommen wurden, zeigten gleiche Erscheinungen in allen Azimuten, keine Differenz- noch Längen- oder Querrichtung; so gab Magnesium-Platin-Cyanür und das aloëtinsäure Kali einen blauen, das Murexid und das grüne Hydrochinon einen grünen Schein senkrecht auf die Einfallsebene des polarisirten Lichts.

Dieser Unterschied ist sehr bemerkenswerth. Die Verhältnisse der erstern Körpern aber, welche durch *mechanische* Anwendung eine Klasse von Erscheinungen hervorbringen, welche der durch Gruppierung der Körpertheilchen durch Krystallisation ganz analog sind, verlangen, daß man den krystallisirten Körpern nicht unbedingt aber auch nicht ausschließlich eine *Gestalt der kleinsten Theilchen* zuschreibe.

IX. *Luftfahrt der HH. Barral und Bixio am* *27. Juli 1850 zu Paris.*

Die *Comptes rendus* enthalten in No. 5 des T. XXXI. ein Paar Berichte über diese Luftfahrt, aus denen wir glauben das Nachstehende hervorheben zu müssen. Gleich einer früheren, am 29. Juni d. J. unternommenen Fahrt, die durch das Reißen des Ballons in 5900 Meter Höhe ein erfolgloses, obwohl für die Luftschiffer immer noch ziemlich glückliches Ende nahm, hatte die gegenwärtige einen wissenschaftlichen Zweck, den: Beobachtungen über den Einfluß der Sonnenstrahlung, die Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. anzustellen, und Luftportionen aus verschiedenen Höhen zum Behufe einer chemischen Untersuchung herunter zu bringen, und demgemäß waren die Beobachter mit allen dazu erforderlichen Instrumenten sehr reichlich versehen. Leider waren aber die atmosphärischen Umstände dem Unternehmen wenig günstig, denn der Himmel, welcher bis Mittag vollkommen rein gewesen, begann um 1 Uhr, als die Füllung des Ballons vollendet war, sich zu beziehen und alsbald trat ein Regen ein, der bis 3 Uhr in wahren Strömen herabfiel. Erst um 4 Uhr, als der Himmel noch ganz bedeckt war, konnte die, der Kosten wegen, nicht länger aufschiebbare Fahrt begonnen werden.

Vielleicht waren es aber gerade diese atmosphärischen Umstände, welche den HH. Barral und Bixio Gelegenheit gaben, die abnormen Temperaturverhältnisse zu beobachten, welche die größte Merkwürdigkeit ihrer Reise ausmachten. Ihre Beobachtungen ergaben nämlich folgendes:

Beobachtung <i>Nº</i>	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
		mm		
1	4 ^h 6'	694,7	+ 16°,0	757
2	4 8	674,96	+ 16,0	999
3	4 9½	655,57	+ 13,0	1244
4	4 11	636,68	+ 9,8	1483

Beobachtung Nr.	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
5	4 ^h 13'	597,73	+ 9,0	2013
6	4 15	558,7	+ 9,0	2567
7	4 20	482,2	— 0,5	3751
8		405,41	— 7,0	5121
9	4 25	{ 347,75 }	{ — 10,5 }	6330
		{ 367,04 }	{ — 9,8 }	5902
10	4 45	338,05	— 35,0	6512
11	4 50	315,02	— 39,0	7016
12	5 2	436,40	— 9,0	4502
13	5 7	483,16	— 7,0	3688
14	5 10	540,39	— 3,0	2796
15	5 12	559,70	— 1,0	2452
16	5 14	582,90	0	2185
17	5 16	{ 598,5 }	+ 1,8	{ 1973 }
		{ 618,0 }		{ 1707 }

Kurz nach ihrem Aufsteigen sahen sich die Luftschiffer in einen leichten Nebel eingehüllt. Bei der Beobachtung No. 5 breiteten sich Wolken unter ihnen aus, die ihnen Paris verdeckten; zugleich spürten sie einen frischen Wind. Bei No. 8 kamen sie in einen dicken Nebel und die Erde verschwand ihnen gänzlich. Bei No. 9 wurde der Nebel etwas lockerer, so daß er ein weißes schwaches Sonnenbild sehen liefs; zugleich fielen äußerst feine Eisnadeln herab und sie erblickten *senkrecht unter der Sonne ein zweites Sonnenbild*; diess war ebenso hell wie das erste und machte mit der durch die Gondel gehenden Horizontalebene einen Winkel von 30° nach unten, wie jenes denselben nach oben machte. Kurz hernach erhoben sie sich aus der Wolkenschicht und die Temperatur sank rasch auf —23°,79 C. Bei No. 10 war der Himmel heiter und sie hatten Gelegenheit zu beobachten, daß das Blau desselben stark polarisirt war.

Die ungemein niedrige Temperatur bei No. 11 konnte mit dem Thermometer, welches zu den übrigen Beobachtungen diente, nur annäherd bestimmt worden, da dasselbe nur bis —37° C. getheilt war. Allein sie wurde bestätigt durch die Angabe eines Walferdin'schen Ausflussthermometers, das in einer durchlöchernten und versiegelten Blech-

Blechbüchse mitgenommen worden war. Diefs Thermometer, welches nach vollendeter Luftfahrt von den HH. Regnault und Walferdin seiner Hülle entkleidet und sorgfältig untersucht wurde, ergab für das in der Höhe von 7016 Meter beobachtete Temperaturminimum den Werth $-39^{\circ},67$ C. ($31^{\circ},74$ R.). Trotz dieser außerordentlichen Kälte erlitten die Beobachter kein sonderliches Ungemach; um 5^h 30' langten sie wohlbehalten wieder an.

Die Höhen sind, mit Hinzuziehung gleichzeitiger Beobachtungen auf der Pariser Sternwarte, von Hrn. Matthieu berechnet. Bei den anomalen Temperaturverhältnissen, die während der Luftfahrt in der Atmosphäre stattfanden, ist indess auf diese Berechnungen kein großes Zutrauen zu setzen, und namentlich muß es unentschieden bleiben, ob die HH. Barral und Bixio die vor Zeiten von Gay-Lussac erreichte Höhe überstiegen oder nicht. Der Ballon war übrigens mit Wasserstoffgas gefüllt, nicht, wie jetzt gemeiniglich geschieht, mit Steinkohlengas.

X. Merkwürdiger Blitzschlag; beobachtet von Hrn. Grebel,

Oberlehrer d. Mathematik zu Zeitz.

Unterhalb Zeitz, am linken Ufer der Elster, ist ein flacher Wiesengrund, der hin und wieder mit Bäumen und Strauchwerk bestanden ist. In einen Baum einer vereinzelt Gruppe schlug an einem Tage der Pfingstwoche, d. h. ungefähr 2 Uhr Nachmittags, der Blitz und nahm einen ungewöhnlichen Weg. Da ich erst nach ungefähr einem Monat davon erfuhr, so war das Datum um so weniger noch zu ermitteln, als in der ersten Hälfte der Pfingstwoche täglich hier Gewitter vorkamen; vermuthlich fand der in

Rede stehende Blitzschlag am 20. Mai d. J. statt. Der getroffene Baum ist eine Erle, ungefähr 58 rh. Fufs hoch, in deren Nähe sich einige andere Erlen befinden, von denen eine benachbarte Erle selbst etwas höher ist. Der Blitz hatte bei etwa ein Drittel der Gröfse unter dem Gipfel, bei einem Aststummel angesetzt und war spiralförmig in reichlich zwei Windungen gleichmäfsig um den Stamm nach unten bis nahe zum Boden gegangen. Rinde und Bast waren längs des ganzen Wegs abgesprengt und im Splinte eine Rinne ausgesplittert, nicht ausgebrannt, welche $1\frac{1}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll tief war. Die zu beiden Seiten hin und wieder noch anhängenden Splitter wiesen deutlich auf eine von oben nach unten wirkende Gewalt. Die Rinne hörte 2' 10" vom Boden auf, die Rinde war noch auf 1' 7" weiter abgesprengt, reichte aber auch nicht bis zum Boden. Weiter liefs sich keine Spur des Blitzschlages auffinden. Nirgends Brandspuren. Die Windung der Spirale ist schraubenrechts; wenn also ein positiver Strom seinen Weg von oben nach unten genommen, und im Innern ein Eisenstab gelegen hätte, so würde sein unteres Ende ein Nordpol, sein oberes Ende ein Südpol geworden seyn.

Zeit, den 27. October 1850.

*XI. Glaukodot, von einem neuen Fundort;
von A. Breithaupt.*

Durch Hrn. Doctor Bondi erhielt ich ein Stück von Orawitza im Banat, welches ein Gemeng von drei Mineralien ist. Die Hauptmasse macht ein gelblichweisser bis blaß gelber Kalkspath aus, welcher, härter als alle mir bekannten Kalkspäthe, doch nur das specifische Gewicht = 2,728 hat. Er überdeckt zwei andere Mineralien, 1) den

Glaukodot, hier aus dünnstänglich zusammengesetzten Stücken bestehend, übrigens aber von allen wesentlichen Eigenschaften, (namentlich von der deutlichen basischen Spaltbarkeit), wie ich solche von diesem Mineral aus Chile angegeben habe. Der Etiquette, welche denselben einen „*strahligen Kobaltglanz*“ nennt, war noch das Resultat einer Analyse von Hrn. Patera beigefügt:

Schwefel	19,78
Arsen	43,63
Kobalt	32,02
Eisen	4,56.

Hier ist nur der Eisengehalt etwas geringer als in der Plattner'schen Analyse vom *Glaukodot*. In dieser Abänderung von *Orawitza* ist auch noch Gold enthalten.

2) Ein ganz dünn tafelartig krystallisirtes metallisch dunkelgraues Mineral, sehr hart, welches ich für Glanzeisenerz hielt, aber damit nicht übereinstimmt, weil es ein schwarzes Pulver giebt. Hiervon besitze ich zu wenig, um es näher untersuchen zu können. An den Saalbändern des ganzen Gemenges sitzt etwas ganz mürber aufgelöster Thonschiefer, welcher sich zum Theil durch Wasser wegwaschen liefs.

XII. *Eishöhle in den Saalbergen.*

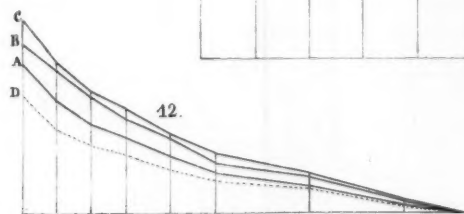
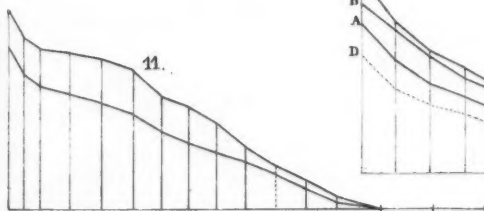
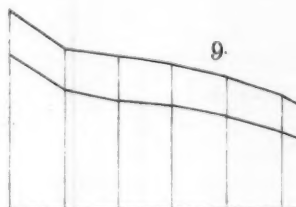
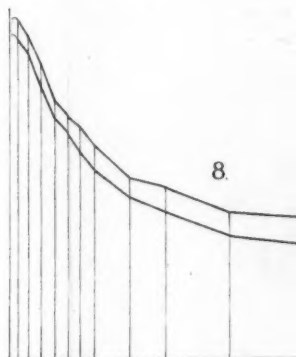
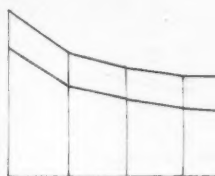
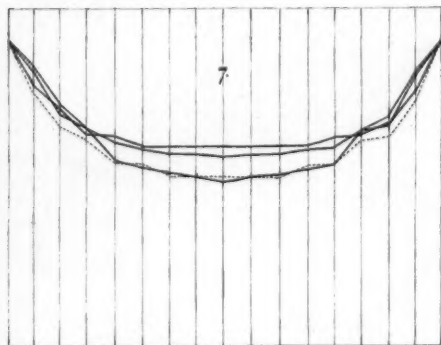
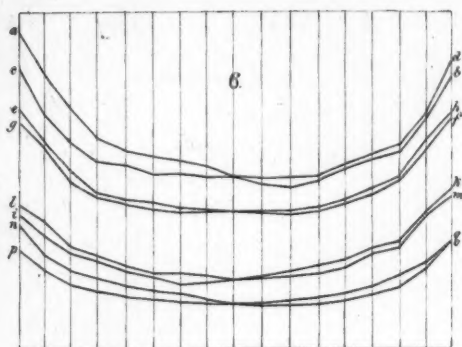
In den Saalbergen, am Eichert, den Bleibergen gegenüber, zwischen Saalburg und der Burgk, ist eine nicht sehr umfangreiche Stelle, an welcher sich in den Sommermonaten, vom Juni bis Mitte August, auf der Oberfläche der Erde Eis bildet, und zwar nicht in einer Schlucht, oder an der Nordseite, oder im tiefen Schatten, sondern in einer kleinen Abebenung des Berghanges, gegen Westen, unter ei-

ner sehr mäfsigen Beschattung. Das Eis lag, nach Augenzeugen, im Juli so stark, dafs es vom jenseitigen Ufer deutlich erkannt wurde, war über $\frac{1}{2}$ Schuh stark, und wich weder dem Regen noch dem Sonnenschein. In Mitte Augusts fanden wir zwar kein Eis auf der Oberfläche; allein wir durften nur von dem lockern Steingerölle etwas abräumen, so zeigte sich reichlich das schönste Eis, und 1 Fuß tiefer waren die Steine so fest auf einander gefroren, wie im tiefsten Winter. An andern Stellen lag Eis gleich unter dem Moose, und dieses selbst war an die Steine angefroren. Der ganze Umkreis war empfindlich kalt, was besonders an den Füfsen fühlbar wurde. Einige der Gefährten, die anhaltend in den Steinen gewühlt hatten, mußten ihre Arbeit einstellen, weil die Hände vor Frost erstarrt waren.

Nach den Erzählungen der Landleute, die in jener Gegend zu thun haben, soll während des Winters dort kein Eis und kein Schnee seyn, vielmehr soll diese Stelle bei der gröfsten Kälte offen bleiben; hingegen vom Juni an soll sich das Eis bilden, und bis in den August dauern. Im gegenwärtigen Jahre soll die Eisbildung besonders reichlich gewesen seyn, und öfters haben Leute aus der Umgegend grofse massive Eisstücke, bei einer Wärme von 22° mit nach Hause gebracht.

n-
er
h
-
-
s
l
o,
h
-
s

7



Guinoud &c.

